



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE TUCUMÁN



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONOMICAS
UNIVERSIDAD NACIONAL TUCUMAN

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA PLANTA FOTOBOLTAICA EN TUCUMAN

Autor: Ribotis, Gabriela Sofía

Director: Martos, Enriqueta

2015

Trabajo de Seminario: Licenciatura en Administración de Empresas

RESUMEN

La energía eléctrica es un factor muy importante para el desarrollo de un país, no solamente para la provisión de electricidad para las industrias, comercio y actividades productivas, sino también para el bienestar y calidad de vida de la población. En tal sentido, la Argentina es un país con un alto grado de electrificación, ya que aproximadamente el 98,8% de su población cuenta con el servicio¹.

No obstante, la matriz de generación eléctrica actual depende mayoritariamente de recursos no renovables, como el gas natural y el gas-oíl, recursos destinados a desaparecer, y que actualmente se importan en un elevado porcentaje.

Argentina posee recursos naturales renovables muy importantes tales como radiación solar, viento, agua y volcanes que pueden cambiar

¹ Fuente: INDEC- Resultados definitivos del censo 2010

drásticamente la matriz eléctrica actual, pudiendo llegar a una importante sustitución de combustibles. Esto redundaría en una disminución de la importación de combustibles fósiles tales como el gas oil y el gas natural, a la vez que contribuiría a la reducción de la generación de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono), principales causantes del calentamiento global

La meta establecida por la Ley nacional N° 26190² es lograr que, hasta 2016, un 8% de la energía primaria generada provenga de recursos renovables. La citada Ley ha establecido un régimen de promoción y fomento de las energías renovables, lo cual hará posible la instalación de plantas de generación que usen principalmente dichos recursos.

² Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica. Sancionada en 2006.

INTRODUCCION

El sol, fuente de vida y origen de las demás formas de energía que el hombre ha utilizado desde siempre, puede cubrir todas nuestras necesidades. Ha brillado en el cielo unos 5.000 millones de años y se estima que brillará alrededor de 6..000 millones de años más.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que produce electricidad de forma renovable obtenida directamente de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor³ denominado célula fotovoltaica.

Entre los años 2001 y 2014 se ha producido en el mundo un crecimiento exponencial de la producción de energía fotovoltaica duplicándose aproximadamente cada dos años. La potencia total fotovoltaica instalada en el mundo (conectada a red) ascendía a 7,6 GW en 2007, 16 GW en 2008, 23 GW en 2009, 40 GW en 2010, 70 GW en 2011 y 100 GW en

³ Se dice de las sustancias aislantes, como el germanio y el silicio, que se transforman en conductores por la adición de determinadas impurezas. Fuente: Diccionario de la Lengua Española (DRAE).

2012. A finales de 2013, se habían instalado en todo el mundo cerca de 140 GW de potencia fotovoltaica.

Gracias a ello la energía solar fotovoltaica se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica, y supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3% de la demanda de electricidad y alcanzando el 6% en los períodos de mayor producción. En algunos países, como Alemania, Italia o España alcanza máximos superiores al 10%, al igual que en algunos estados soleados de Estados Unidos, como California.

Gracias a los avances tecnológicos, la sofisticación y la economía de escala, el costo de la energía solar fotovoltaica se ha reducido de forma constante desde que se fabricaron los primeros módulos fotovoltaicos comerciales, aumentando a su vez la eficiencia, y logrando que su costo medio de generación eléctrica sea ya competitivo con las fuentes de energía convencionales en un creciente número de regiones geográficas. Programas de incentivos económicos, primero, y posteriormente sistemas de autoconsumo fotovoltaico y balance neto sin subsidios han apoyado la instalación fotovoltaica en un gran número de países, contribuyendo a evitar la emisión de una mayor cantidad de gases de efecto invernadero. La tasa de retorno energético de esta tecnología, por su parte, es cada vez mayor.

Con la tecnología actual, los módulos fotovoltaicos recuperan la energía necesaria para su fabricación en un período comprendido entre 6 meses y 1,4 años; teniendo en cuenta que su vida útil media es superior a 25 años, producen electricidad limpia durante más del 95% de su ciclo de vida.

Lo que se busca demostrar con el siguiente trabajo es la viabilidad técnica y económica de la construcción de una planta generadora de

electricidad con tecnología solar fotovoltaica, en la provincia de Tucumán, más precisamente en los Valles Calchaquíes, por la disponibilidad del recurso y por las condiciones de conectividad eléctrica.

En la actualidad en el país se cuenta con dos plantas de estas características, ambas ubicadas en la provincia de San Juan, "San Juan I" se encuentra funcionando desde el año 2011, con una potencia instalada de 1,2 Mw, mientras el Parque Solar Fotovoltaico Cañada Honda produce 5 Mw desde abril del 2012 y está previsto ampliar la planta hasta 20Mw. "Al completarse los 20 MW, ocupará una superficie de 84 hectáreas y requerirá de una inversión de 97 millones de dólares provenientes de fondos privados. Alimentará aproximadamente a 40.000 hogares generando una energía anual de 40.000 MWh."⁴

Se encuentran además en trámite de aprobación otras plantas solares en algunas provincias como San Luis, La Rioja, Catamarca, Salta y Jujuy.

⁴ HERRERA VEGAS, Rodrigo, Avanza en San Juan el parque solar más grande de América latina, en diario La Nación, (Buenos Aires, Argentina, 28 de abril de 2012)

CAPITULO I

ENERGIAS RENOVABLES

Sumario: 1.1.- Energías renovables. 1.2.- Evolución histórica de las energías renovables.-1.3.- Energía Solar Fotovoltaica.
1.4.- Porque tienen sentido las renovables en Argentina

1.1.- Energías renovables

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

“...las energías renovables son la alternativa más limpia para el medio ambiente. Se encuentran en la naturaleza en una cantidad ilimitada y, una vez consumidas, se pueden regenerar de manera natural o artificial.”⁵

Las fuentes de energía se pueden dividir en dos grandes subgrupos: permanentes (renovables) y temporales (no renovables).

Las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías: no contaminantes o limpias y contaminantes.

Entre las primeras están:

- **El Sol:** energía solar.
- **El viento:** energía eólica.
- **Los ríos y corrientes de agua dulce:** energía hidráulica.
- **Los mares y océanos:** energía mareomotriz.
- **El calor de la Tierra:** energía geotérmica.
- **Las olas:** energía undimotriz.

Las renovables contaminantes se obtienen a partir de la materia orgánica o biomasa, y se pueden utilizar directamente como combustible (madera u otra materia vegetal sólida), o bien, convertida en **bioetanol** o **biogás** mediante procesos de fermentación orgánica o en **biodiesel**, mediante otro tipo de reacciones y de los residuos urbanos.

Energía solar: La energía solar es fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra.

⁵ TWENERGY- Una iniciativa de ENDESA por la eficiencia y la sostenibilidad, en internet: <http://twenergy.com/a/que-son-las-energias-renovables-516>, (Marzo, 2012)

Los colectores solares parabólicos concentran la radiación solar aumentando la temperatura en el receptor (energía solar térmica). Los paneles fotovoltaicos convierten directamente la energía luminosa en energía eléctrica (energía solar fotovoltaica). Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares.

Se distinguen dos componentes en la radiación solar: la radiación directa y la radiación difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes, y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas direcciones. Sin embargo, tanto la radiación directa como la radiación difusa son aprovechables.

Energía eólica: Es la energía obtenida de la fuerza del viento. La energía eólica es la que se obtiene por medio del viento, es decir mediante la utilización de la energía cinética (de movimiento) generada por efecto de las corrientes de aire. La energía eólica ha sido aprovechada desde la antigüedad para mover los barcos impulsados por velas o hacer funcionar la maquinaria de molinos al mover sus aspas. Es un tipo de energía verde.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que desplazan de áreas de alta presión atmosférica hacia

áreas adyacentes de baja presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión⁶.

Energía hidráulica: La energía potencial acumulada en los saltos de agua puede ser transformada en energía eléctrica. Las centrales hidroeléctricas aprovechan energía de los ríos para poner en funcionamiento unas turbinas que arrastran un generador eléctrico.

Energía geotérmica: Parte del calor interno de la Tierra (5.000°C) llega a la corteza terrestre. En algunas zonas del planeta, cerca de la superficie, las aguas subterráneas pueden alcanzar temperaturas de ebullición, produciendo vapor y, por tanto, servir para accionar turbinas eléctricas o para calentar. La energía geotérmica es aquella energía que puede ser obtenida por el hombre mediante el aprovechamiento del calor del interior de la Tierra. El calor del interior de la Tierra se debe a varios factores, entre los que se destacan el gradiente geotérmico⁷, el calor radiogénico⁸, entre otros. Geotérmico viene del griego *geo*, “Tierra”, y *thermos*, “calor”; literalmente “calor de la Tierra”.

Energía mareomotriz: La energía mareomotriz se debe a las fuerzas gravitatorias entre la Luna, la Tierra y el Sol, que originan las mareas, es decir, la diferencia de altura media de los mares según la posición relativa entre estos tres astros. Esta diferencia de alturas puede aprovecharse en

⁶El gradiente de presión hace referencia a la variación de la presión atmosférica. A medida que aumenta el gradiente de presión los vientos son más fuertes

⁷ Se denomina **Gradiente geotérmico** a la variación de temperatura, que aumenta con la profundidad considerando que se avanza desde la superficie hacia el centro de la esfera terrestre.

⁸ Es el calor continuamente generado por el decaimiento de los isótopos radioactivos de larga vida del Uranio (U238, U235), del Torio (Th 232) y del Potasio (K40), que están presentes en toda la Tierra.

lugares estratégicos como golfos, bahías o estuarios utilizando turbinas hidráulicas que se interponen en el movimiento natural de las aguas, junto con mecanismos de canalización y depósito, para obtener movimiento en un eje.

La energía mareomotriz tiene la cualidad de ser renovable en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia, ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes durante la fase de explotación. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y el impacto ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una proliferación notable de este tipo de energía.

Otras formas de extraer energía del mar son la energía undimotriz, que es la energía producida por el movimiento de las olas; y la energía debida al gradiente térmico oceánico, que marca una diferencia de temperaturas entre la superficie y las aguas profundas del océano.

Las energías de fuentes renovables contaminantes tienen el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles: en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. Sin embargo se encuadran dentro de las energías renovables porque el dióxido de carbono emitido será utilizado por la siguiente generación de materia orgánica.

Se puede obtener además energía a partir de los residuos sólidos urbanos, que también es contaminante.

La biomasa: Es una fuente de energía procedente de manera indirecta del sol y puede ser considerada una energía renovable siempre que

se sigan unos parámetros medioambientales adecuados en su uso y explotación.

La formación de biomasa a partir de la energía solar se lleva a cabo por el proceso denominado fotosíntesis vegetal que a su vez es desencadenante de la cadena biológica. Mediante la fotosíntesis las plantas que contienen clorofila, transforman el dióxido de carbono y el agua, productos minerales sin valor energético, en materiales orgánicos con alto contenido energético y a su vez sirven de alimento a otros seres vivos. La biomasa mediante estos procesos almacena a corto plazo la energía solar en forma de carbono. La energía almacenada en el proceso fotosintético puede ser posteriormente transformada en energía térmica, eléctrica o carburantes de origen vegetal.

1.2.- Evolución Histórica de las Energías Renovables

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se van abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas y se utilizan cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el todavía relativamente escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia la década del 1970 las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias.

1.3.- La energía solar

La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol.

Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también por la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo.

“El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m² (vatio x metro 2)”⁹.

La potencia de la radiación solar varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir

⁹ CUERVO GARCIA, Rafael y MÉNDEZ MUÑIZ, Javier, Energía Solar Fotovoltaica, Fundación Confemetal, 2da Edición, (Madrid). Pág. 29

que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente 1000 W/m² en la superficie terrestre

“La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones. La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1354 W/m² (que corresponde a un valor máximo en el perihelio o punto más cercano al sol, de 1395 W/m² y un valor mínimo en el afelio o punto más lejano al sol, de 1308 W/m²)”¹⁰.

1.3.1.- El efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico (FV) es la base del proceso mediante el cual una célula fotovoltaica convierte la luz solar en electricidad.

La luz solar está compuesta por fotones, que son partículas energéticas.

Estos fotones tienen de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar.

Cuando los fotones inciden sobre una célula FV pueden ser reflejados o absorbidos, pueden pasar a su través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva

¹⁰ Ibídem, Pág. 31

energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico.

Las partes más importantes de la célula solar son las capas de semiconductores, ya que es donde se genera la corriente de electrones. “El semiconductor más utilizado en la construcción de celdas solares fotovoltaicas es el silicio... Además existen otros materiales semiconductores que se utilizan en la fabricación de celdas solares como el germanio, el arseniuro de galio y el telurio de cadmio”¹¹. Estos semiconductores son especialmente tratados para formar dos capas de diferentes características químicas (tipo p y tipo n) para formar un campo eléctrico, positivo en una parte y negativo en otra. Cuando la luz solar incide en la célula se liberan electrones que pueden ser atrapados por el campo eléctrico, formando una corriente eléctrica. Es por ello que estas células se fabrican partir de este tipo de materiales, es decir, materiales que actúan como aislantes a baja temperatura y como conductores cuando se aumenta la energía.

Además de los semiconductores las células solares están formadas por una malla metálica superior u otro tipo de contacto para recolectar los electrones del semiconductor y transferirlos a la carga externa y un contacto posterior para completar el circuito eléctrico. También en la parte superior de la célula hay un vidrio u otro tipo de material encapsulado transparente para sellarla y protegerla de las condiciones ambientales, y una capa anti reflexiva para aumentar el número de fotones absorbidos.

Las células FV convierten pues, la energía de la luz en energía eléctrica. El rendimiento de conversión, esto es, la proporción de luz solar que la célula convierte en energía eléctrica, es fundamental en los dispositivos fotovoltaicos, ya que el aumento del rendimiento hace de la energía solar FV una energía más competitiva con otras fuentes.

¹¹ ENTE VASCO DE LA ENERGIA, La energía solar fotovoltaica en el país vasco, 1º Edición, (España, Octubre de 2000), pág. 12.

Estas células conectadas unas con otras, encapsuladas y montadas sobre una estructura soporte o marco, conforman un módulo fotovoltaico. Los módulos están diseñados para suministrar electricidad a un determinado voltaje (normalmente 12 o 24 V). La corriente producida depende del nivel de radiación solar del lugar donde está instalada.

La estructura del módulo protege a las células del medio ambiente y son muy durables y fiables.

Aunque un módulo puede ser suficiente para muchas aplicaciones, dos o más módulos pueden ser conectados para formar un **generador FV**. Los generadores o módulos fotovoltaicos producen corriente continua (DC) y pueden ser conectados en serie o en paralelo para poder producir cualquier combinación de corriente y tensión.

Un módulo o generador FV por sí mismo no bombea agua o ilumina una casa durante la noche. Para ello es necesario un sistema FV completo que consiste en un generador FV junto a otros componentes. Estos componentes varían y dependen del tipo de aplicación o servicio que se quiere proporcionar.

Los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar como autónomos o conectados a la red eléctrica. En definitiva y como podemos ver, nos encontramos ante una fuente de energía, que además de renovable se nos presenta como una clara apuesta de futuro de cara al planteamiento energético en los próximos años.

1.3.1.1.-El módulo fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos.

“Según su composición química, las células fotovoltaicas se dividen en:

- **Cristalinas:**

Monocristalinas: se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).

Policristalinas: cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

- **Amorfas:** Cuando el silicio no se ha cristalizado.”¹²

1.3.2.- Situación Actual de la Energía Solar

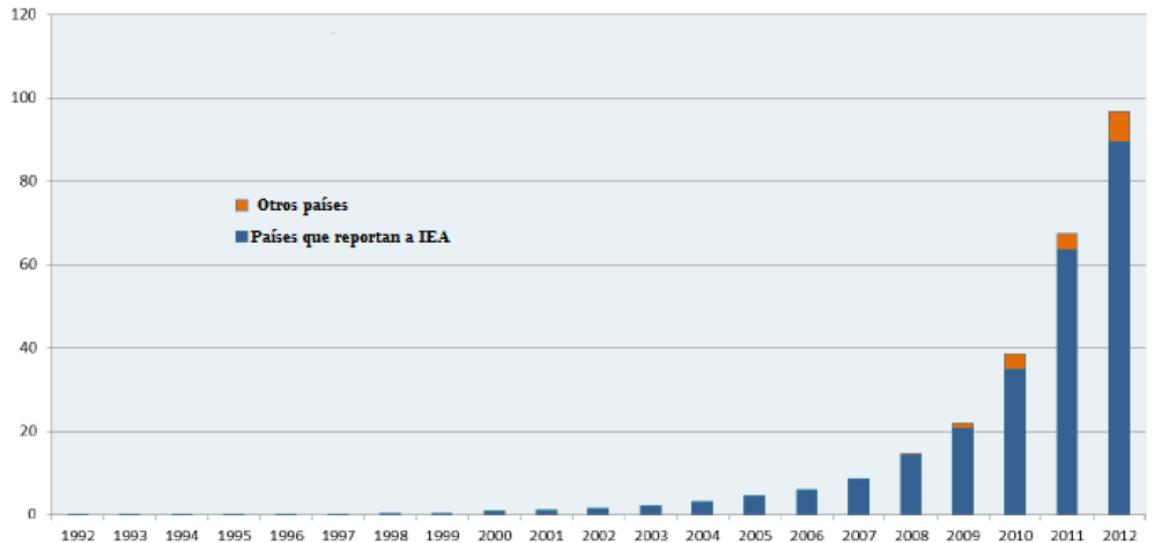
1.3.2.1. La energía solar fotovoltaica en el mundo

Muchos gobiernos, incluyendo el argentino, enviaron señales claras de que quieren acelerar la implementación de estas tecnologías, e indicaron que las inversiones en energía solar son una respuesta a la crisis energética en curso. Teniendo en cuenta esto, el sector financiero ha comenzado a entender que la tecnología solar fotovoltaica es una inversión de riesgo relativamente bajo. La energía solar tiene la capacidad de reducir ciertos riesgos económicos y ambientales de un país, ya que generan una reducción en la dependencia de los recursos fósiles (no renovables y más contaminantes).

¹² AGUILERA, J. y Otros, Manual Técnico: Instalación de Plantas Fotovoltaicas en Terrenos Marginales, (VALENCIA, MAYO 2011), pág. 8

Al menos 28.4 GW de sistemas fotovoltaicos han sido instalados en el mundo en el año 2012.

Evolución de la potencia instalada



Fuente: *International Energy Agency – Photovoltaic Power Systems Program*

Principales 10 países con capacidad total instalada

	País	Capacidad Inst (MW)
1	Alemania	7604
2	China	3510
3	Italia	3337
4	EEUU	3313
5	Japón	2000
6	Francia	1079
7	Reino Unido	1000
8	Australia	1000
9	India	980
10	Grecia	912

Fuente: *International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Program*

El mercado europeo decreció de manera significativa de 22 a 16,9 GW, pero aun así se mantiene número 1 con un 59% del mercado fotovoltaico. Alemania e Italia ahora tienen suficiente capacidad fotovoltaica para producir respectivamente el 5,6% y el 5,75% de su demanda anual eléctrica con energía fotovoltaica. Alemania instaló 7,6 GW liderando la capacidad instalada, después de dos años con niveles similares de instalaciones fotovoltaicas, superando los 32 GW totales, en un contexto de reducción de las tarifas de alimentación, empujando el autoconsumo.

Los mercados asiáticos tuvieron el mayor crecimiento (66%) y China quedó en el segundo lugar a nivel mundial en capacidad fotovoltaica instalada. China incorporó 3,5 GW de capacidad adicional (estimados), en línea con las ambiciones de las autoridades chinas para continuar el desarrollo de su mercado interior FV, que apunta a llegar a 35 GW para el año 2015, a partir de los 7 GW actuales.

En tercer lugar en este ranking, Italia ha instalado 3,3 GW de sistemas fotovoltaicos, después de la tremenda instalación de 9,3 GW en 2011. En el cuarto lugar, EE.UU. alcanzó la marca de 3,3 GW y ahora tiene cerca de 7,2 GW de capacidad instalada. El quinto lugar es para Japón, con cerca de 2 GW instalados. Esta evolución pone la capacidad total instalada en este país a las 7 GW, aproximadamente igual a China. En conjunto, estos cinco países representan el 70% de todas las instalaciones registradas en 2012 y un poco más en términos de capacidad instalada.

Los cinco lugares siguientes van a tres países europeos, Francia (1,1 GW), Reino Unido (1 GW) y Grecia (0,9 GW). India y Australia informaron cifras preliminares cerca de 1 GW en ambos casos. Estos 10 países representan el 88% del mercado mundial del 2012.

En Latinoamérica la situación es aún heterogénea; el apetito por la energía fotovoltaica no se ha transformado en un mercado real todavía.

Varios GW de instalaciones fotovoltaicas se han validado en Chile, pero con la excepción de Perú, con unos 50 MW, y México, con 15 MW, el verdadero desarrollo fotovoltaico en plantas fotovoltaicas conectadas a la red aún no ha comenzado en la región. Algunos países como Chile, México, Brasil, República Dominicana y Panamá poseen mercados con una alta tasa de expansión; otros como Uruguay, Colombia y Perú, un crecimiento intermedio y otros aún tienen sus mercados casi exclusivamente monopolizados por aplicaciones aisladas de la red (indispensables por ser dedicadas a los sectores de más bajos ingresos o a aplicaciones industriales productivas pero muy pequeñas en términos de potencia pico instalada). Argentina se encuentra entre estos dos últimos grupos, con una gran proporción de sistemas aislados y un potencial crecimiento en los próximos años.

La tecnología fotovoltaica se ha convertido hoy en un actor importante en el sector de la electricidad a nivel mundial. Al menos 110 TWh (110 millones de kWh) se generaron en 2013 por los sistemas fotovoltaicos instalados. Si bien esto representa aproximadamente 0,5% de la demanda de electricidad del planeta, algunos países han alcanzado rápidamente porcentajes significativos. Estos 110 TWh representan el consumo anual de los países como los Países Bajos y Egipto, como ejemplo.

1.3.1.2.- La energía solar fotovoltaica en Argentina

En Argentina la situación es similar a la del resto de Sudamérica. La potencia fotovoltaica instalada es descentralizada y dispersa, y hace relativamente poco tiempo se ha comenzado con la instalación de centrales generadoras de energía solar fotovoltaica. Actualmente, hay solo 8.2MW de potencia solar fotovoltaica conectados a la red eléctrica argentina del mercado eléctrico mayorista.

La primera central solar fotovoltaica en aportar su energía al Sistema Interconectado Eléctrico Nacional es la planta solar "San Juan I",

ubicada en Ullum, San Juan. Es una estación generadora experimental de tan sólo 1,2 MW. Fue financiada totalmente por la provincia de San Juan, y está compuesta por 4836 módulos fotovoltaicos de silicio amorfo, silicio policristalino y silicio monocristalino, conectados en estructuras fijas, móviles de un eje y móviles de dos ejes.

También en la Provincia de San Juan, pero en el Departamento Sarmiento, se ubica la central fotovoltaica Cañada Honda, la más grande del país en la actualidad. Dividida en 3 módulos de 2 y 3 MW, actualmente tiene una potencia total de 7 MW, y es parte de un proyecto de 6 módulos que totalizan 20 MW. Entró en operación en mayo de 2012 con los primeros 5MW, y en abril de 2013 tuvo una ampliación con 2 MW más. Está formada por 33.300 módulos fotovoltaicos de 222 a 245 Wp, ubicados sobre estructuras metálicas fijas, y genera aproximadamente 14 GWh al año, o el equivalente al consumo de 4.700 hogares.

En la Provincia de San Luis se está terminando una central fotovoltaica. Se trata del Parque Solar Fotovoltaico de Terrazas del Portezuelo, que generará 1 MW de potencia, a partir de 4.200 paneles solares inyectando a la red la energía necesaria para alimentar alrededor de 350 viviendas. Se espera que esta obra esté lista en los próximos meses.

El segundo grupo de instalaciones solares fotovoltaicas por su potencia total instalada es el de las instalaciones en mercados rurales, en el que se destaca el plan PERMER, un proyecto financiado por el Gobierno Nacional que busca el abastecimiento de electricidad a personas y servicios públicos (escuelas, salas de emergencia médica, destacamentos policiales, etc.) que se encuentran fuera del alcance de los centros de distribución de energía. Las instalaciones fotovoltaicas realizadas en el marco del proyecto PERMER totalizan alrededor de 4 MW de potencia.

Entre los proyectos rurales fuera del PERMER se encuentran, entre otros: la electrificación de escuelas rurales en la Provincia de Buenos Aires,

la provisión de energía eléctrica residencial y para servicios públicos en Neuquén, y experiencias de bombeo de agua en Catamarca. Estos proyectos totalizan aproximadamente 2 MW.

Hay además 1.8 MW de instalaciones industriales, principalmente en sistemas pequeños distribuidos en todo el país para aplicaciones aisladas (telecomunicaciones, servicios petroleros, etc.).

Además, hay un mercado creciente de autoconsumo conectado a la red, que alcanza los 0.4 MW pero que se espera crezca rápidamente.

1.4.- ¿Por qué tienen sentido las energías renovables en Argentina?

- ✓ Las energías renovables pueden constituir en el futuro un aporte muy importante a la matriz energética actual.
- ✓ Se trata de tecnologías probadas y de rápida instalación. Principalmente las centrales fotovoltaicas.
- ✓ Los costos han tenido un importante decrecimiento, lo que las hace más competitivas frente a otros tipos de centrales generadoras, con la ventaja de que el ahorro de combustible hace que la inversión inicial se recupere en un tiempo menor.
- ✓ Las energías renovables son energías limpias, amigables con el medio ambiente y contribuyen a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero, responsables del calentamiento global.
- ✓ Argentina posee importantes recursos naturales, especialmente eólicos en la Patagonia y solar en el norte del país.

“Aunque existen diferencias regionales y estacionales muy significativas, en la mayor parte del territorio nacional se recibe una insolación muy importante y favorable para el uso de energía solar. La zona centro del país posee una insolación de unos 1600 kWh/m²/año que es un excelente recurso comparado con las regiones más insoladas de Europa y donde mayor potencia solar instalada se encuentra. Hacia el norte del país las condiciones son aún más atractivas para el uso de esta fuente de energía. Todo el territorio nacional posee buenas condiciones para aprovechamientos de micro-generación tanto eólica como solar”.¹³

¹³ VILLALONGA, Juan Carlos, Energías Renovables: ¿Por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?, 1° Edición, (Buenos Aires, 2013), pág. 32

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL PROYECTO

El presente proyecto consiste en el estudio de pre-factibilidad de la instalación de una central generadora de electricidad que utiliza para su funcionamiento la energía solar fotovoltaica. La importancia de este estudio radica en poder presentar a la energía solar fotovoltaica como una posibilidad real de inversión para un negocio.

El estudio de pre factibilidad comprende las siguientes etapas:

- Pre factibilidad técnica:
 - ✓ definición de la posible localización, con estudio de la disponibilidad del recurso solar,
 - ✓ disponibilidad de líneas eléctricas para la evacuación de la electricidad generada
 - ✓ Determinación del tamaño de la generación a instalar.
 - ✓ Ante proyecto técnico.

- ✓ Determinación de la posible energía diaria/mensual/anual a generar.
- ✓ Análisis de los posibles impactos ambientales en todas las etapas del proyecto.

- Pre factibilidad económica:
 - ✓ Análisis de los costos de instalación.
 - ✓ Análisis de los costos de Operación y Mantenimiento.
 - ✓ Análisis de las posibles tarifas de venta, tomando en cuenta diferentes escenarios.
 - ✓ Tasas e impuestos nacionales y provinciales
 - ✓ Flujo de fondos. Determinación de la TIR y VAN.

CAPITULO III

ANALISIS DE MERCADO

Sumario: 3.1.- Características de Producto. 3.2.- Análisis de demanda. 3.3.- Análisis de Oferta. 3.4.- Precio

3.1.- Características del producto

La planta generadora que se analiza en este trabajo producirá energía eléctrica a partir de la utilización de generadores fotovoltaicos. Se espera que la producción se realice durante un promedio de 5 horas diarias todos los días del año, de acuerdo a los datos de radiación solar existente en la localización propuesta.

La energía eléctrica es un bien intangible, que se produce en centrales generadoras de diversa índole, ya definidas en capítulos anteriores. La energía generada llega a los consumidores a través de líneas eléctricas que la transportan y distribuyen.

En el caso que planteamos, se prevé entregar la energía producida, al sistema interconectado nacional, a través de las líneas existentes, propiedad de la empresa distribuidora EDET S.A.

La cantidad de energía que se entrega a la red se mide por medio de medidores que se instalan en el punto de conexión, y constituirá la base para el cálculo de la retribución a percibir de la compañía CAMMESA.

3.2.- Análisis de la demanda

El sistema eléctrico argentino está compuesto por los siguientes **agentes del mercado:**

- **Generadores**
- **Transportistas**
- **Distribuidores**
- **Grandes usuarios**

Los generadores son los titulares de las centrales de generación de distinta índole que producen la energía eléctrica y la ponen a disposición del sistema.

Los transportistas son los concesionarios de líneas de alta y extra alta tensión, que conducen la electricidad desde la generación hasta los principales centros de consumo.

Los distribuidores son las empresas encargadas de proveer de electricidad a los consumidores.¹⁴

Los grandes usuarios son en general empresas que por su nivel de consumo compran su energía directamente al sistema, sin intervención del distribuidor.

La responsabilidad técnica y económica de las transacciones de la energía eléctrica disponible en el país, a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN), se encuentra a cargo de la Empresa CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico Sociedad Anónima).

De acuerdo a lo previsto en el art. 35 de la ley 24065¹⁵ el decreto 1192 de julio de 1992 dispuso la creación de CAMMESA sobre la base del Despacho Nacional de Cargas.

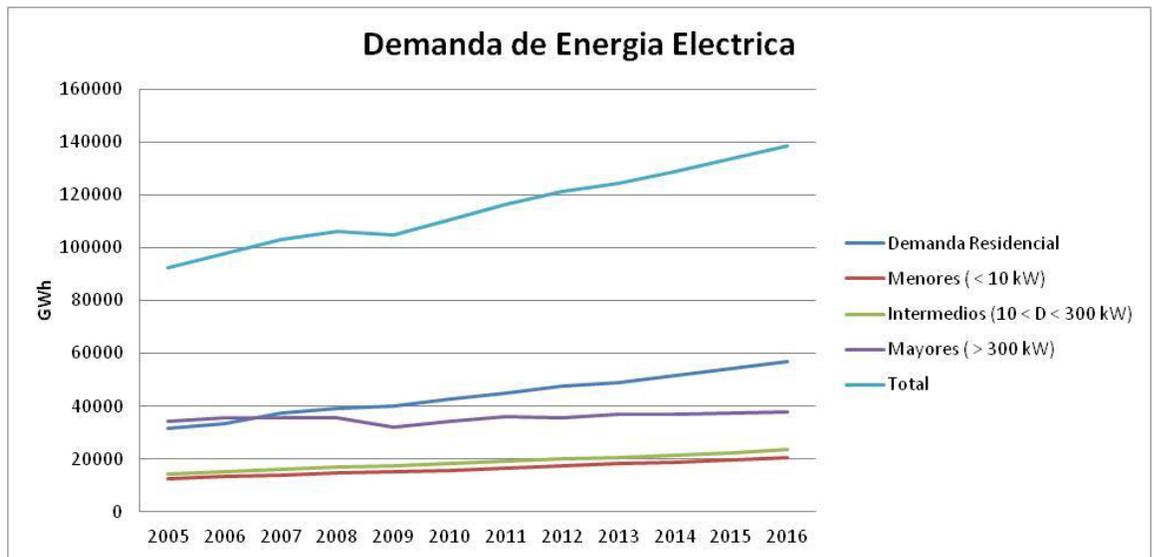
Sus funciones principales comprenden la coordinación de las operaciones de despacho, la responsabilidad por el establecimiento de los precios mayoristas y la administración de las transacciones económicas que se realizan a través del SIN.

CAMMESA actúa como mandatario de los diversos actores del MEM en lo relativo a la colocación de potencia y energía, organizar y conducir el uso de las instalaciones de transporte, como agente de comercialización de la energía y potencia proveniente de importaciones y de emprendimientos binacionales, y también gestiona cobros, pagos o acreditaciones de las transacciones que se celebren entre los actores del MEM.

¹⁴ ABDALA, Manuel Ángel y BASTOS, Carlos Manuel , Transformación del Sector Eléctrico Argentino, 2º Edición, (Córdoba, 2000), pág. 167

¹⁵ La Ley N° 24065 es la Ley Marco Regulatorio eléctrico.

Al preverse la venta de la energía generada al sistema interconectado nacional, ésta podrá ser utilizada por todos los consumidores del sistema. Para hacer el análisis de la demanda, consideraremos los datos estadísticos de demanda de energía eléctrica de Argentina, a saber:



Fuente: CAMMESA

La demanda de energía eléctrica en Argentina mantiene un crecimiento anual promedio de aproximadamente un 5,5%. Esto nos permite aseverar que el establecimiento de una central generadora con recursos renovables conectada al sistema servirá para aumentar la oferta disponible de energía eléctrica en el país.

3.3- Análisis de la oferta

La oferta de energía eléctrica está determinada por la potencia instalada del parque de generación existente en el país y su capacidad de poder transportar dicha energía a todas las regiones, mediante líneas de transporte adecuadas.

La compañía CAMMESA, que es la encargada del despacho técnico y económico de la energía generada por las diversas centrales, al SIN, para su utilización por los usuarios finales, tiene en cuenta para dicho despacho diversos criterios, en general se consideran en cuenta los costos de generación de las diferentes generadoras, lo cual define la prioridad del despacho.

Las centrales con menores costos son en general las renovables: hidráulicas, eólicas y solares, que son las primeras en despacharse. Las centrales más costosas son las térmicas que utilizan gas-oil.

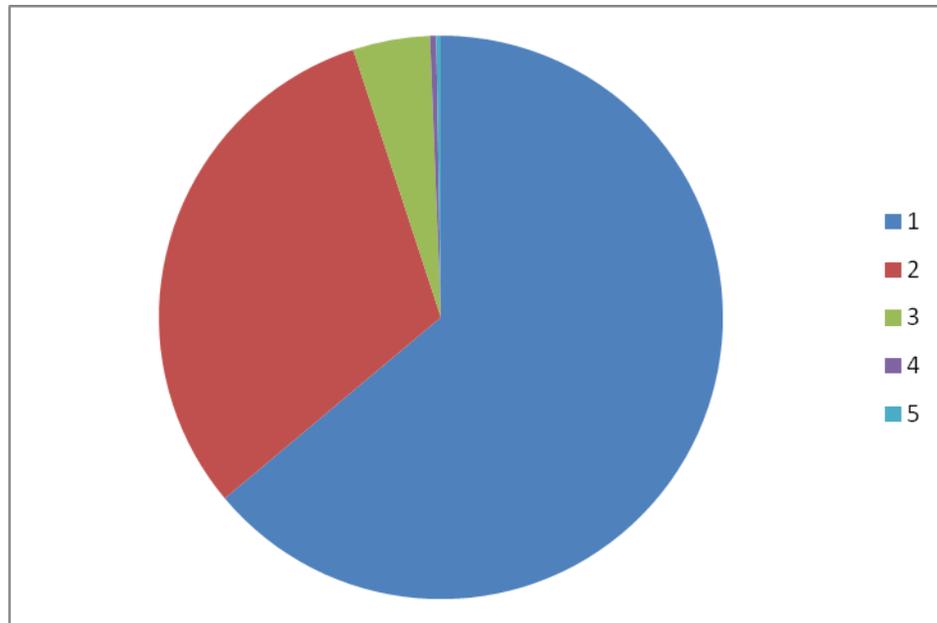
La siguiente tabla y su gráfico muestran la composición de la energía eléctrica generada en Argentina en el año 2013:

Composición de la energía eléctrica generada en 2013

TERMICA	82.953	GWh
HIDRÁULICA	40.330	GWh
NUCLEAR	5.732	GWh
EÓLICA+SOLAR	462	GWh
IMPORTACIÓN	342	GWh
ENERGÍA TOTAL	129.820	GWh

Fuente: Anuario CAMMESA 2013

Composición de la energía eléctrica generada en 2013



Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos del Anuario CAMMESA 2013

- 1: TERMICO, 63,89%
- 2: HIDRÁULICO, 31%
- 3: NUCLEAR, 4, 45%
- 4; EÓLICO+SOLAR, 0,36%
- 5: IMPORTACIÓN, 0, 26%

Como se observa en el gráfico más del 50% de la oferta de energía eléctrica (generación) durante el año 2013 fue de origen térmico, es decir que se usaron gas, gasoil o diésel, fuel oil o carbón. Estos combustibles son de origen fósil y producen durante su combustión para la generación diversos modos de contaminación, principalmente del aire y de la atmosfera, ya que producen CO₂ (dióxido de carbono), que es un gas de efecto invernadero.

Generadoras existentes en el país

Compañía	Turbina de Vapor	Turbina a Gas	Ciclo Combinado	Motor Diesel	Total Generación Térmica	Total Generación Nuclear	Total Generación Fotovoltaica	Total Generación Eólica	Total Generación Hidroeléctrica	Total	%
(todos los valores en MW, excepto porcentajes)											
YACYRETA	-	-	-	-	-	-	-	-	2.745	2.745	8,7% 7%
COSTANERA	1.131	-	851	-	1.982	-	-	-	-	1.982	6,3% 3%
PIEDRA D AGUILA	-	-	-	-	-	-	-	-	1.400	1.400	4,5% 5%
CHOCON	-	-	-	-	-	-	-	-	1.260	1.260	4,0% 0%
NUEVO PUERTO	390	-	798	-	1.188	-	-	-	-	1.188	3,8% 8%
ALICURA	-	-	-	-	-	-	-	-	1.050	1.050	3,3% 3%
S. GRANDE ARG	-	-	-	-	-	-	-	-	945	945	3,0% 0%
DOCK SUD	-	72	798	-	870	-	-	-	-	870	2,8% 8%
CT TIMBUES(GSMA)	-	-	849	-	849	-	-	-	-	849	2,7% 7%
GRAL BELGRANO	-	-	848	-	848	-	-	-	-	848	2,7% 7%
AES-PARANA	-	-	845	-	845	-	-	-	-	845	2,7% 7%
C.T. GENELBA	-	165	674	-	838	-	-	-	-	838	2,7% 7%
RIO GRANDE	-	-	-	-	-	-	-	-	750	750	2,4% 4%
PILAR	200	-	479	-	679	-	-	-	-	679	2,2% 2%
SAN NICOLAS	600	75	-	-	675	-	-	-	-	675	2,1% 1%
AGUA DEL CAJON	-	-	662	-	662	-	-	-	-	662	2,1% 1%
EMBALSE	-	-	-	-	-	-	648	-	-	648	2,1% 1%
PIEDRA BUENA	620	-	-	-	620	-	-	-	-	620	2,0% 0%
PUERTO NUEVO	589	-	-	-	589	-	-	-	-	589	1,9% 9%
ENSE. BARRAGAN	-	567	-	-	567	-	-	-	-	567	1,8% 8%
LOMA DE LA LATA	-	-	540	-	540	-	-	-	-	540	1,7% 7%
LUJAN DE CUYO	120	46	374	-	540	-	-	-	-	540	1,7% 7%
FUTALEUFU	-	-	-	-	-	-	-	-	472	472	1,5% 5%
P. BANDERITA	-	-	-	-	-	-	-	-	472	472	1,5% 5%
C.T. TUCUMAN	-	-	447	-	447	-	-	-	-	447	1,4% 4%
TERMOANDES	-	416	-	-	416	-	-	-	-	416	1,3% 3%
DIAMANTE	-	-	-	-	-	-	-	-	388	388	1,2% 2%
S.M. DE TUCUMAN	-	-	382	-	382	-	-	-	-	382	1,2% 2%
ATUCHA	-	-	-	-	-	-	362	-	-	362	1,2% 2%
GÜEMES	261	100	-	-	361	-	-	-	-	361	1,1% 1%
GENERACIÓN MÓVIL	-	-	-	330	330	-	-	-	-	330	1,1% 1%
BUENOS AIRES	-	-	322	-	322	-	-	-	-	322	1,0% 0%
PICHI P. LEUFU	-	-	-	-	-	-	-	-	285	285	0,9% 9%
BRIGADIER LÓPEZ	-	280	-	-	280	-	-	-	-	280	0,9% 9%
LOS NIHUILES	-	-	-	-	-	-	-	-	265	265	0,8% 8%
MARAZANA	-	180	68	-	248	-	-	-	-	248	0,8% 8%
PLUSPETROL NORT	-	232	-	-	232	-	-	-	-	232	0,7% 7%
SORRENTO	217	-	-	-	217	-	-	-	-	217	0,7% 7%
NECOCHEA	204	-	-	-	204	-	-	-	-	204	0,6% 6%
MAR DEL PLATA	56	121	-	-	177	-	-	-	-	177	0,6% 6%
CO. ARGENER	-	163	-	-	163	-	-	-	-	163	0,5% 5%
INDEPENDENCIA	-	130	-	-	130	-	-	-	-	130	0,4% 4%
TERMROCA	-	130	-	-	130	-	-	-	-	130	0,4% 4%
CO. ENSENADA	-	128	-	-	128	-	-	-	-	128	0,4% 4%
C.T. PATAGONIA	-	-	125	-	125	-	-	-	-	125	0,4% 4%
VILLA GESELL	-	125	-	-	125	-	-	-	-	125	0,4% 4%
CARACOLES	-	-	-	-	-	-	-	-	121	121	0,4% 4%
ARROYITO	-	-	-	-	-	-	-	-	120	120	0,4% 4%
C.H.CACHEUTA	-	-	-	-	-	-	-	-	120	120	0,4% 4%
CABRA CORRAL	-	-	-	-	-	-	-	-	101	101	0,3% 3%
SUD OESTE	-	100	-	-	100	-	-	-	-	100	0,3% 3%
PIQUIRENDIA	-	-	-	30	30	-	-	-	-	30	0,1% 1%
Otros	13	1.082	144	1.043	2.282	-	8	165	601	3.056	9,7% 7%
Total	4.401	4.111	9.205	1.404	19.121	1.010	8	165	11.095	31.399	100,0% 0%

Fuente: Anuario CAMMESA

3.4.- Precios

Los precios establecidos para la compra de energía eléctrica por parte de CAMMESA a los generadores están establecidos en 120 \$/MWH.

Sin embargo, en función de la Ley 26.190, de fomento de las energías renovables, se establecieron los siguientes precios para las generadoras que ingresaron al sistema a partir del año 2009:

“Remunerar en hasta CERO COMA NUEVE PESOS POR KILOVATIO HORA (0,9 \$/kWh) puesto a disposición del usuario con generadores fotovoltaicos solares instalados y a instalarse, que estén destinados a la prestación de servicios públicos.”¹⁶

Es importante tener en cuenta que “Se creó un fondo específico para la financiación de Energías Renovables. Este fondo se constituirá con un gravamen sobre la totalidad del consumo de hidrocarburos en todo el territorio nacional” ¹⁷

¹⁶ Art. 14, Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de energía eléctrica, (N° 26190, t.o 2006)

¹⁷ LAPEÑA, Jorge, Una estrategia para salir de la crisis eléctrica, en Revista: Proyecto Energético, (Buenos Aires, Mayo 2014), pág. 06

CAPITULO IV

LOCALIZACION

Sumario: 4.1.- Macro localización. 4.2.- Micro localización

4.1.- Macro localización

Se ha considerado como localización la provincia de Tucumán, debido a su ubicación estratégica en el sistema interconectado nacional (SIN).

Si consideramos las diferentes regiones de la provincia, se debe tener en cuenta para la localización de la central dos puntos prioritarios:

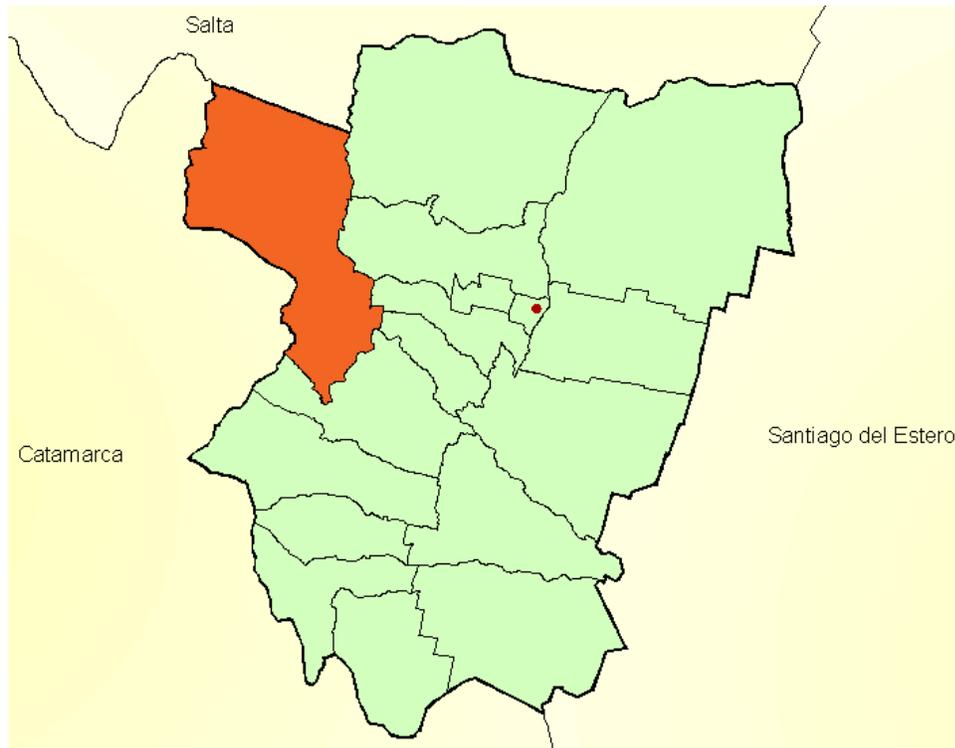
- El recurso solar existente en el lugar, es decir una radiación solar adecuada durante todo el año.
- La disponibilidad de redes de electricidad interconectadas al SIN, que permitan vender la energía al mercado eléctrico mayorista (MEM).

Tomando en cuenta estas dos consideraciones, se decidió la instalación de la central en el Departamento Tafí del Valle.

Tafí del Valle es un departamento ubicado en el noroeste de la provincia de Tucumán (Argentina), entre las coordenadas $26^{\circ}50'47''\text{S}$ $65^{\circ}42'32''\text{O}$. Limita al norte con la provincia de Salta, al este con los departamentos Trancas, Tafí Viejo, Lules y Famaillá, al sur con el departamento Monteros, y al oeste con la provincia de Catamarca.

El relieve es prácticamente montañoso en su totalidad con la presencia de dos grandes valles, el de Tafí y el del Yocavil, este último perteneciente al conjunto denominado **Valles Calchaquíes**.

Ubicación de Tafí del Valle en la provincia de Tucumán



Fuente: Página web oficial del gobierno de Tucumán

4.2.- Micro localización

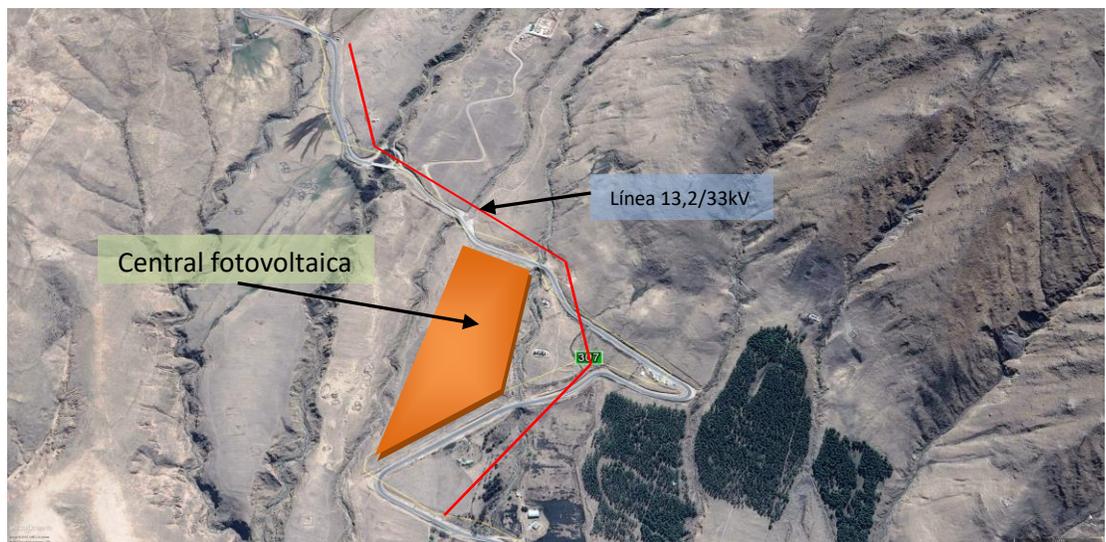
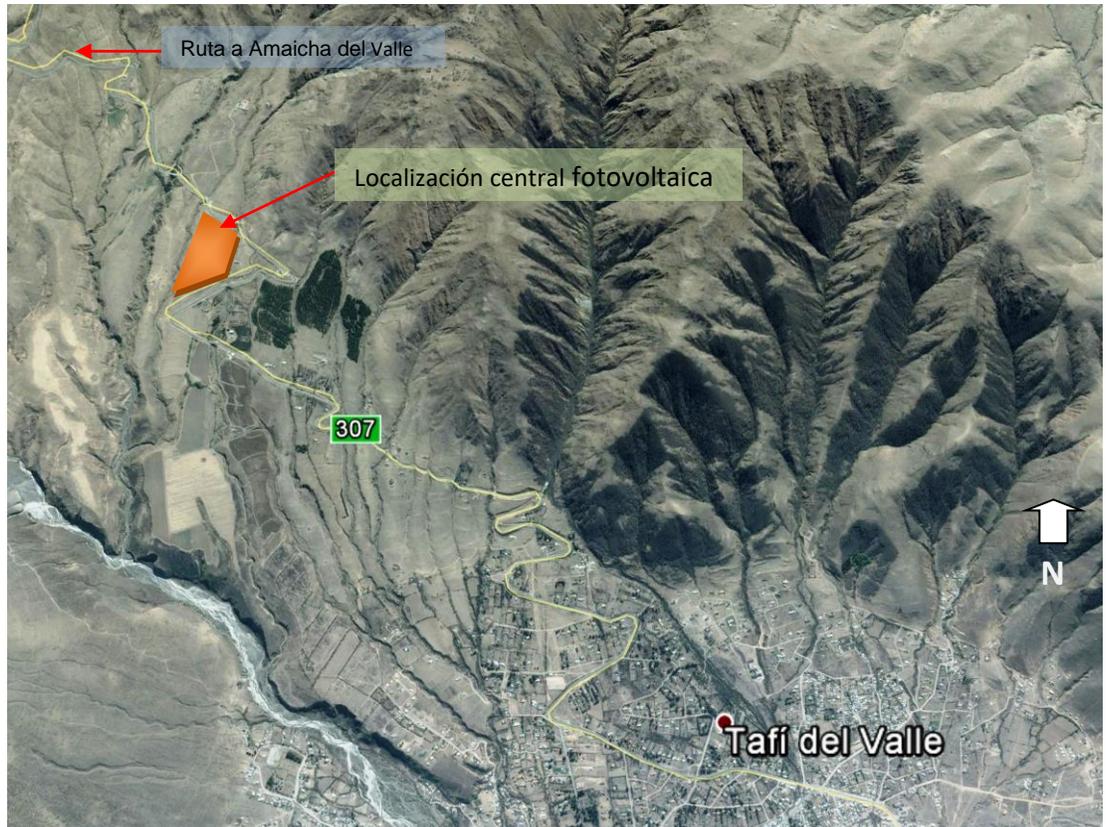
La localización de la planta es cercana a la estación transformadora construida por EDET para la interconexión a partir de la línea de alta tensión que alimenta a la Minera La Alumbraera. Dicha estación transformadora “ha sido inaugurada y puesta en servicio en el mes de mayo de dos mil trece; la misma se encuentra ubicada a 11 kilómetros del centro comercial de Tafí y a 600 metros de la ruta”.¹⁸

Determinamos como lugar de emplazamiento de la Planta Solar un terreno cuyas coordenadas son: 26° 48min 08” de latitud Sur, y 65° 42 min 59” de longitud Oeste. Esta localización está próxima a la estación transformadora y a las líneas de interconexión eléctricas.

El siguiente mapa muestra la ubicación de la parcela elegida, de aproximadamente cuatro hectáreas de superficie.

¹⁸ Secretaría de Prensa y Difusión, en Internet:
<http://www.prensatucuman.gob.ar/la-estacion-transformadora-de-energia-ya-es-una-realidad-en-tafi-del-valle>, (Octubre, 2014)

Micro localización de la central solar fotovoltaica



CAPITULO V

MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DEL PROYECTO

La Ley N° 26.190, publicada el 2 de enero de 2008, aprobó el Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía. “Esta Ley es el principal instrumento vigente en relación a la promoción de las fuentes renovables en el sistema eléctrico y tuvo tres grandes objetivos:

- a) Actualizar el régimen de promoción que se había establecido por Ley 25.019 (1998)
- b) Extender este régimen a otras fuentes renovables, más allá de la eólica y solar.
- c) Establecer una meta legalmente vinculante en la integración de estas fuentes en el sistema eléctrico nacional.”¹⁹

¹⁹ VILLALONGA, Juan Carlos, Op. Cit., pág. 37

La definición adoptada en el **artículo 4** es lo suficientemente amplia como para incluir una gama muy importante de tecnologías consideradas “renovables”, las fuentes de energía renovables contempladas en este régimen son las eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, hidroeléctrica (de hasta 30 MW), biomasa, y gases de vertedero de basura, gases de plantas de depuración y biogás. Sin embargo, “excluye aquellas fuentes que resultaban más conflictivas, adoptando un criterio muy similar al adoptado en las negociaciones de cambio climático en la aplicación de los mecanismos del Protocolo de Kyoto”²⁰.

Con el fin de dar cumplimiento a la aplicación de esta Ley, se reglamentó mediante el Decreto 562/2009, que la modifica al establecer un nuevo marco tarifario y una nueva serie de beneficios para los inversores.

La Ley 26.190 promueve la diversificación de la matriz energética nacional favoreciendo el uso de fuentes de energía renovables y contribuyendo a la mitigación del cambio climático. La misma declara que es de interés nacional la generación de energía eléctrica en base a fuentes renovables con destino a la prestación del servicio público y la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos con esa finalidad; estableciendo una meta “lograr una contribución de las fuentes de energía renovables hasta alcanzar el ocho por ciento (8%) del consumo de energía eléctrica nacional”²¹ en un plazo de 10 años. Para esto, se definió un conjunto de beneficios impositivos aplicables a las nuevas inversiones en emprendimientos de producción de energía eléctrica, como también la remuneración a pagar por cada kilovatio hora efectivamente generado por las diferentes fuentes ofertadas que vuelquen su energía en el MEM y/o estén destinadas a la prestación de servicio público.

²⁰ Ibídem, pág. 38

²¹ Art. 2, Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la producción de energía eléctrica, (N° 26190, t.o 2006)

Así mismo, pretenden que las inversiones en la producción de energía eléctrica, a partir del uso de fuentes renovables de energía en todo el Territorio Nacional, alcanzarán tanto a las nuevas plantas de generación, como a las ampliaciones y/o re-potenciaciones de plantas de generación existentes; en tanto conformen un conjunto inescindible en lo atinente a su aptitud funcional para la producción de energía eléctrica.

La Secretaría de Energía, en coordinación con el Consejo Federal de la Energía Eléctrica (representando a las provincias), son los que definen los parámetros que permiten seleccionar, aprobar y merituar proyectos de inversión en obras nuevas para la producción de energía eléctrica a partir de fuentes renovables. Dado que el cupo anual para los beneficios promocionales emergentes de este Régimen de Inversiones es limitado, la Secretaría de Energía establece un orden de mérito para los proyectos que hayan obtenido esta aprobación, a fin de informar al Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, en su carácter de Autoridad de Aplicación en materia tributaria o fiscal. En el caso que la sumatoria de los proyectos aprobados excede el cupo previamente definido, se tiene en cuenta un orden de mérito, dando prioridad a los mejor calificados.

Resolución 712/2009. GENREN

En el marco de lo establecido en la Ley N° 26.190 y a través de la Resolución MPFIPyS N° 794/2009, instruyó a ENARSA a instrumentar un proceso licitatorio convocando a ofertas de disponibilidad de generación de energía proveniente de fuentes de origen renovables por un total de 1.015 MW de potencia instalada.

En virtud de ello, ENARSA convocó a la licitación pública nacional e internacional ENARSA N° 001/2009: el Proyecto GENREN.

El objeto de la Licitación GENREN fue adjudicar la provisión de energía eléctrica a partir de fuentes renovables, incluyendo la provisión, instalación, puesta en marcha, operación y mantenimiento de centrales nuevas, a fin de que las mismas sean instaladas en los sistemas vinculados a la red del Sistema Argentino de Interconexión por un plazo de quince años. El GENREN funciona como un sistema *"feed in tariff"*, ya que a los generadores que integren este programa se les garantiza un precio de la energía que produzcan y vendan en el MEM.

La provisión debía realizarse a través de centrales de generación cuyos módulos en conjunto tengan una potencia inferior a 50 MW, y la ubicación de las centrales debía elegirse teniendo en cuenta la capacidad de transporte de las líneas de transmisión, distribución y las instalaciones de los puntos de conexión al SADI.

El pliego de la Licitación detallaba nueve renglones por un total de 1025 MW. En el proceso competitivo se presentaron propuestas de más de 20 compañías, muchas de ellas integrantes de grupos nacionales e internacionales, por un total de 1.422 MW (un 40% más del monto licitado, demostrando el potencial existente, las expectativas generadas y la gran cantidad de desarrolladores de proyectos de renovables a la espera de condiciones favorables), divididos en 52 proyectos. Finalmente, se adjudicaron propuestas por 895 MW.

Lamentablemente, de los 32 proyectos licitados se han instalado solo 7 proyectos al día de hoy. Del total de la potencia ofertadas sólo se instaló el 10%: 3 proyectos eólicos por 131 MW, 3 proyectos solares por 7 MW y un proyecto de 1 MW mini-hidro.

Resolución 108/2011 Secretaria de Energía

La Resolución 108 del año 2011 habilita a los generadores de energía renovable a realizar Contratos de Abastecimiento con el Mercado Eléctrico Mayorista en su conjunto, representado por CAMMESA. Para estos contratos de venta de energía (PPA, por sus siglas en inglés *Power Purchase Agreement*), la legislación dispone que “la vigencia será de hasta QUINCE (15) años, siendo factible una prolongación de este plazo en hasta DIECIOCHO (18) meses.”²² El precio del contrato, es decir, la remuneración a percibir por el generador y a pagar por parte de CAMMESA, se determina en base a los costos e ingresos aceptados por la Secretaría de Energía.

La Resolución establece además los requisitos y condiciones para la presentación de los proyectos, siendo algunos de ellos los siguientes:

“Todas aquellas ofertas de disponibilidad de generación que pretendan la celebración de CONTRATOS DE ABASTECIMIENTO MEM A PARTIR DE FUENTES RENOVABLES en el marco de esta norma, deberán presentar ante esta SECRETARIA DE ENERGIA, la siguiente información:

- a) Emplazamiento de las unidades comprometidas.
- b) El recurso energético a explotar.
- c) La/s unidad/es a ser habilitadas y que asumirá/n el compromiso y su descripción técnica.

²² Art. 4, Resolución Secretaria de Energía: Contratos de abastecimiento – habilitación, (N° 108/2011, t.o 2011)

d) Disponibilidad Garantizada de la/s unidad/es habilitadas que asumirá/n el compromiso.”²³

En el marco de esta resolución se llegó al establecimiento de la primer tarifa para una central fotovoltaica (Ullum y Cañada Honda en San Juan), por un monto de aproximadamente U\$S/Mwh 550.

Resolución 280/2008

La Resolución 280 del año 2008 habilita a los distribuidores de Energía Eléctrica (de jurisdicción provincial y/o municipal) a ofrecer la operación de unidades de generación hidroeléctrica con potencia instalada inferior a 2 MW. Luego, la secretaría de Energía, mediante la Nota 580 del año 2009, extendió esta habilitación a las unidades de generación restantes de fuentes renovables mencionadas en la Ley 26.190 con potencias instaladas menores a 2 MW.

Actualmente no hay centrales fotovoltaicas conectadas a través de esta resolución, pero hay un proyecto en La Rioja que tiene un contrato firmado con la Distribuidora EDELAR.

²³ Art. 5. Resolución Secretaria de Energía: Contratos de abastecimiento – habilitación, (N° 108/2011, t.o 2011)

CAPITULO VI

CAPACIDAD DE PRODUCCION

Sumario: 6.1.- Capacidad del proyecto. 6.1.1.- Datos de radiación solar. 6.2.- Factores condicionantes del tamaño. 6.2.1.- Líneas eléctricas existentes. 6.3.- Determinación de la capacidad.

6.1.-Capacidad del proyecto

La capacidad de producción de una planta generadora fotovoltaica depende principalmente de los siguientes factores:

- ✓ Radiación solar en el lugar de emplazamiento.
- ✓ Potencia instalada -Cantidad y ubicación de los paneles fotovoltaicos instalados.

El primer ítem, es decir, la radiación solar en el lugar de emplazamiento es uno de los factores más importantes para el diseño de una central fotovoltaica. El recurso solar está directamente relacionado con la

capacidad de generación de energía eléctrica, si bien son importantes otros factores climáticos. “El recurso solar y su determinación es el primer paso para evaluar la producción anual de la planta fotovoltaica. Esto significa que es necesario conocer la radiación incidente anual sobre los módulos fotovoltaicos. Para esto se debe tener en cuenta la inclinación, y la orientación del módulo.”²⁴

En el caso de la localización elegida para este proyecto, se tomaron en cuenta los datos disponibles de radiación solar provenientes de mediciones satelitales efectuadas por la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*).

En cuanto a la potencia instalada, se calcula mediante el producto entre la cantidad de módulos fotovoltaicos a instalar y la potencia unitaria de los mismos.

Para la determinación de la potencia a instalar se tuvo en cuenta el terreno disponible y la capacidad de las líneas eléctricas existentes para evacuar y transportar la energía generada.

6.1.1.- Datos de radiación solar:

Si consideramos las coordenadas geográficas del lugar escogido para el emplazamiento de la central, que son:

- Latitud: 26° 48 08” Sur, es decir, -27,36
- Longitud: 65° 42 59” Oeste, es decir, -65,94

Podemos determinar con un buen grado de precisión las características de radiación solar en el lugar, con los datos de la NASA.

²⁴ AGUILERA, J y Otros, Op Cit, pág. 90

Estos datos están disponibles en la página web: **NASA Surface meteorology and Solar Energy: Data**

Características climáticas de la localización propuesta²⁵

	<i>Unit</i>	<i>Climate data location</i>
<i>Latitude</i>	°N	-27.36
<i>Longitude</i>	°E	-65.94
<i>Elevation</i>	m	1119
<i>Earth temperature amplitude</i>	°C	15.45
<i>Frost days at site</i>	day	0

<i>Month</i>	<i>Air temperature</i>	<i>Relative humidity</i>	<i>Daily solar radiation - horizontal</i>	<i>Atmospheric pressure</i>	<i>Wind speed</i>	<i>Earth temperature</i>
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C
<i>January</i>	22.5	59.9%	6.09	88.9	3.8	24.4
<i>February</i>	21.4	60.7%	5.65	89.0	3.9	23.0
<i>March</i>	20.0	66.4%	5.06	89.1	4.0	21.1
<i>April</i>	17.1	59.5%	4.35	89.2	4.1	17.9
<i>May</i>	14.1	48.4%	3.63	89.3	4.4	14.3
<i>June</i>	12.3	41.5%	3.37	89.3	4.5	12.1
<i>July</i>	11.4	39.9%	3.55	89.4	4.7	11.6
<i>August</i>	14.1	36.1%	4.40	89.3	4.7	15.2
<i>September</i>	16.5	37.6%	5.50	89.2	4.8	18.7
<i>October</i>	19.6	45.8%	5.92	89.0	4.7	22.3
<i>November</i>	20.6	54.1%	6.35	88.9	4.6	23.1
<i>December</i>	22.1	57.3%	6.40	88.9	4.1	24.4
<i>Annual</i>	17.7	50.6%	5.02	89.1	4.3	19.0

²⁵ NASA; en Internet: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/retscreen>, (Octubre 2014)

Características climáticas de la localización propuesta

Mes	Temperatura del Aire	Humedad Relativa	Radiación Solar Diaria - Horizontal	Presión Atmosférica	Velocidad del Viento	Temperatura de la Tierra
	°C	%	kWh/m ² /d	kPa	m/s	°C
Enero	22,5	59,9	6,09	88,9	3,8	24,4
Febrero	21,4	60,7	5,65	89	3,9	23
Marzo	20	66,4	5,06	89,1	4	21,1
Abril	17,1	59,5	4,35	89,2	4,1	17,9
Mayo	14,1	48,4	3,63	89,3	4,4	14,3
Junio	12,3	41,5	3,37	89,3	4,5	12,1
Julio	11,4	39,9	3,55	89,4	4,7	11,6
Agosto	14,1	36,1	4,4	89,3	4,7	15,2
Septiembre	16,5	37,6	5,5	89,2	4,8	18,7
Octubre	19,6	45,8	5,92	89	4,7	22,3
Noviembre	20,6	54,1	6,35	88,9	4,6	23,1
Diciembre	22,1	57,3	6,4	88,9	4,1	24,4
ANUAL	17,7	50,6	5,02	89,1	4,3	19

Fuente: Elaboración Propia en base a datos obtenidos de la NASA

6.2.- Factores condicionantes del tamaño

Luego de efectuar un análisis de las condiciones del recurso natural (radiación solar), se deben considerar otros factores que condicionan la definición del tamaño de la planta, estos son:

- ✓ Capacidad de las líneas eléctricas existentes y cercanas al emplazamiento para transportar la energía generada.
- ✓ Disponibilidad de recursos económicos para la inversión.

6.2.1.- Líneas eléctricas existentes

La localidad de Tafi del Valle se interconectó al sistema nacional durante el año 2014, desde la línea de alta tensión que alimenta a la minera La Alumbraera, a través de una estación transformadora, con lo cual pasó de ser una localidad eléctricamente aislada y alimentada por generación diésel, a recibir energía eléctrica del SADI (Sistema Argentino de Interconexión).

En la localización definida para la instalación de la planta generadora se ha tomado en cuenta la cercanía de una línea eléctrica para conectar la central, de tal manera de evitar el tendido de redes, lo cual encarecería el proyecto.

La empresa EDET, prestataria del servicio de distribución de energía eléctrica en todo el territorio de Tucumán, es la encargada de la operación y mantenimiento de las líneas de media tensión, mediante las cuales se pretende interconectar la central a instalar con el SADI.

6.3.- Determinación de la capacidad

Teniendo en cuenta todos los factores antes mencionados procedemos a estimar la capacidad deseada de la planta.

Se considera que se necesitan aproximadamente 2 hectáreas (has) de terreno por cada MW de paneles instalados.

La cantidad de paneles depende de la potencia unitaria. Dadas las condiciones se establece para la planta propuesta una potencia instalada de 2 MWp. Esto significa que se debe disponer de aproximadamente 4 hectáreas de terreno ubicado próximo a las líneas antes mencionadas, en razón de disminuir costos en redes de interconexión. Se definieron módulos

fotovoltaicos de una potencia unitaria de 250 Wp, teniendo en cuenta otros proyectos donde se han utilizado módulos similares debido principalmente a sus dimensiones, que lo hacen óptimo para su instalación. Además son módulos existentes en la línea de producción de varios fabricantes.

$$2.000.000 \text{ Wp} / 250 \text{ Wp} = 8.000 \text{ paneles a instalar}$$

Si tomamos como potencia unitaria de los módulos 250 Wp, para obtener una potencia de 2 MW instalados necesitaremos 8000 paneles.

CAPITULO VII

INGENIERIA DEL PROYECTO

Sumario: 7.1.- Proceso de Producción. Medios físicos de producción. 7.2.- Descripción técnica. Tecnología 7.3.- Volumen de energía eléctrica a producir.

7.1.- Proceso de producción- Medios físicos

Una planta solar fotovoltaica produce energía eléctrica mediante la transformación de la radiación solar en electricidad, a través de los módulos fotovoltaicos.

La radiación que incide sobre los módulos fotovoltaicos, mediante un proceso físico, se transforma en electricidad. La producción de electricidad dependerá de la radiación incidente y de la cantidad de módulos a instalar. A la salida del arreglo de módulos se obtiene electricidad continua, que podemos asimilar a la energía producida por las baterías de automóviles.

Como la electricidad que consumimos en nuestras casas, que se genera en las centrales eléctricas tradicionales es alterna, es necesario convertir la electricidad continua obtenida, en electricidad alterna. Esa conversión se hace mediante unos dispositivos electrónicos denominados inversores o convertidores.

Una vez que se obtiene la electricidad alterna, ésta debe adaptarse a la tensión de la red eléctrica que la transportará. Esta adaptación se realiza por medio de transformadores, que son unos dispositivos eléctricos que elevan o disminuyen el nivel de electricidad generada.

7.2.- Descripción Técnica – Tecnología

Las instalaciones propuestas deben diseñarse bajo los parámetros exigidos en las normativas internacionales para instalaciones solares fotovoltaicas y en las normativas nacionales para generación y transporte de energía.

La planta posee una potencia de 2 MWp (2.000 kWp) y tiene cuatro inversores de 500 kW cada uno, que se ubicarán en el interior de una caseta de hormigón, denominada centro de Inversor. Dentro de este, cada inversor se conectará a un transformador de 630 kVA. El centro de inversor cuenta con 4 inversores y 4 transformadores, con sus respectivos sistemas de seguridad y con el equipamiento de maniobra y protección para la operación en baja y media tensión.

El inversor será el encargado de convertir la corriente continua (CC), generada por el conjunto de módulos fotovoltaicos, en corriente alterna trifásica (CA).

El montaje de los paneles de la planta se realizará sobre estructuras de soporte fijas, estas "... proporcionan una posición fija

adecuada al conjunto de módulos, caracterizándose por una inclinación que optimiza la captación de los rayos solares. En caso de grandes campos conectados a red, la pendiente de montaje suele ser igual a la latitud menos diez grados. Las estructuras fijas son muy sencillas y se ha logrado una notable reducción de costos en las grandes plantas.”²⁶

En el caso de nuestro proyecto, las estructuras fijas contarán con un ángulo de inclinación óptima anual, respecto a la horizontal, y en dirección norte.

La implantación de la planta se realizará utilizando módulos fotovoltaicos de 60 células con potencias de 250 Wp, cada uno, montados sobre estructuras metálicas fijas.

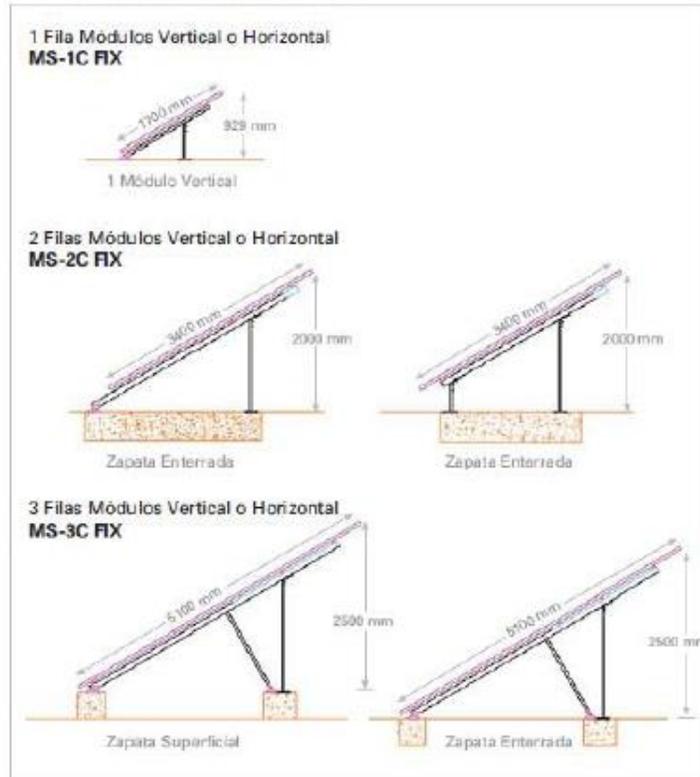
Las interconexiones entre módulos se realizarán sobre bandejas que se soportan en la estructura. Se considerarán, para cada tipo de conductor, las indicaciones dadas por el fabricante.

Los paneles se instalarán en una estructura fija, cada estructura estará preparada para la instalación de dos o tres filas de paneles de acuerdo con el plano de implantación y con la inclinación adecuada y orientados al norte para obtener el máximo de producción para el lugar elegido.

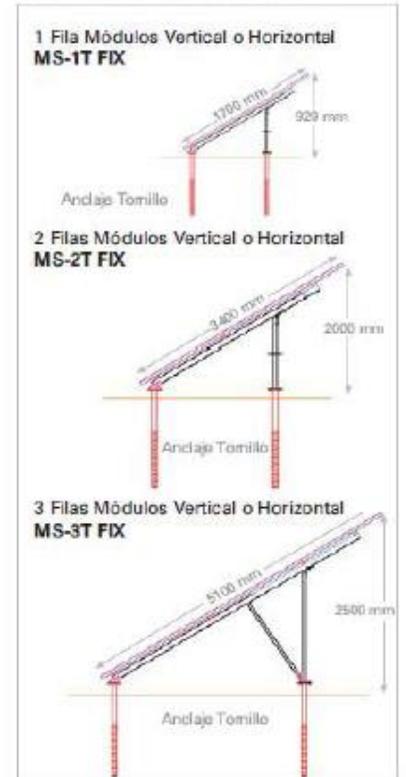
²⁶ ALONSO MONTES, José Ignacio y OTROS, Energía Solar Fotovoltaica, Editorial Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, (Madrid, s.f), pág. 39

Diferentes tipos de estructuras fijas

ZAPATA SOBRE TERRENO



TORNILLO DIRECTO



Fuente: MecaSolar

El material utilizado será acero galvanizado en caliente con una garantía mínima frente a la corrosión de 30 años; y por lo cual no estará permitida la realización de ningún taladro, corte, ni soldadura una vez que el material haya sido galvanizado en caliente.

El diseño de la estructura se realizará de tal forma que se minimicen los tornillos pernos y grapas; todos los tornillos, grapas, etc., serán de acero inoxidable y llevarán incorporadas arandelas y tuercas anti-aflojamiento.

Las piezas para anclar los módulos a la estructura deberán ser así mismo de acero inoxidable o de aluminio y garantizarán la fijación de los

mismos, así como su posible desmontaje en caso de ser necesario. No se utilizarán tornillos de amarre entre la estructura y los módulos.

Para la fijación de las estructuras al suelo se utilizará preferentemente un sistema que no requiera la realización de una cimentación de hormigón, ni en la que se tenga que realizar movimientos de tierras, para ello se puede utilizar cualquiera de estas soluciones:

El diseño estructural se basará en los Reglamentos Nacionales y en particular para la zona de emplazamiento de la obra, a fin de evaluar correctamente las acciones sísmicas, de viento, como así también el peso propio y las sobrecargas gravitatorias.

Módulos fotovoltaicos

Los módulos fotovoltaicos que se utilizarán serán preferentemente de marcas líderes mundiales como:

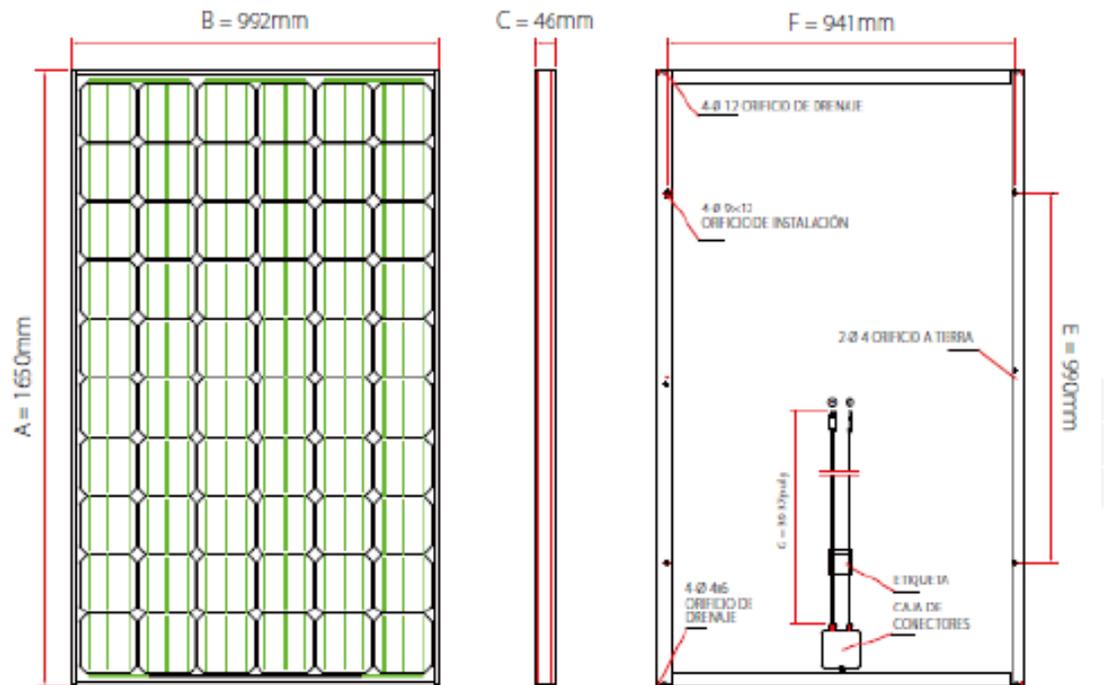
- ✓ Suntech
- ✓ Trina
- ✓ Renesola
- ✓ Canadian Solar
- ✓ Sunpower
- ✓ Hanwha
- ✓ GE
- ✓ Dupont
- ✓ Solarworld
- ✓ REC Group
- ✓ Jinko
- ✓ Yingli

Los módulos proporcionarán como mínimo las siguientes garantías:

- ✓ Máxima degradación de un 10% durante los primeros 10 años.
- ✓ Máxima degradación de un 20 % durante los primeros 25 años.
- ✓ Garantía contra defectos fabricación de 10 años.

Especificaciones técnicas de un módulo solar fotovoltaico

Dimensiones del módulo FV TSM-DC05



Fuente: Trina Solar

Los módulos a emplear son de tecnología de silicio cristalino. Las células irán encapsuladas con vidrio templado bajo en hierro y láminas de Etileno- Vinil-Acetato modificado (EVA). La lámina posterior consta de varias

capas, cada una con una función específica, ya sea adhesión, aislamiento eléctrico, o aislamiento frente a las inclemencias meteorológicas.

7.3.- Volumen de energía eléctrica a producir

El volumen energía eléctrica que producirá la planta depende de numerosos factores.

En primer lugar, se debe calcular la insolación sobre el plano inclinado en el que se encuentran los módulos, que será el plano en el cual la generación promedio a lo largo del año sea máxima. Luego hay que calcular los efectos de pérdida por temperatura: (al aumentar su temperatura, el rendimiento eléctrico de los módulos fotovoltaicos disminuye).

A la generación teórica calculada a partir de la insolación en el plano inclinado y la temperatura, se debe aplicar un *performance ratio*; es decir, restar las pérdidas técnicas en módulos, cables, inversores, etc.

Por último, debe considerarse que la central no se encuentra disponible todos los días del año, sino que la misma debe ser sacada de servicio por cuestiones técnicas como mantenimientos, posibles roturas, cambios de inversores, etc.

Según los cálculos realizados, se estima una generación de tres mil ochocientos (3.800) MWh anuales.

7.3.1.-Insolación en el plano inclinado y pérdidas por temperatura

El hecho de ubicarse sobre un plano inclinado supone una ganancia de la irradiación anual, recibida por los módulos fotovoltaicos, respecto a la horizontal. Así, la potencia entregada por una célula solar se puede aumentar con bastante eficacia inclinando la superficie de los módulos. Sin embargo,

aunque la corriente en las celdas es relativamente estable a altas temperaturas, el voltaje se reduce, conduciendo a una caída de potencia a causa del aumento de la temperatura de la célula fotovoltaica: aproximadamente, la potencia máxima del panel disminuye entre 0,4% y 0,5% por cada grado que aumenta la temperatura de la celda por encima de 25°C. Para el caso de Tafí del Valle, éste no se considera un factor importante ya que “el clima es semiárido templado a frío contando con temperatura máxima en verano de 28°C, temperatura media en enero de 22 – 18,6°C; temperatura mínima en invierno de -10°C, temperatura media en junio de 8°C y en julio de 6°C. En cuanto al régimen de lluvias es de 410 mm anuales en la parte llana del valle.”²⁷

7.3.2.- Estimación de pérdidas técnicas

Estimación de Pérdidas técnicas en porcentaje

Pérdidas en el Inversor	2.5%
Pérdidas por Sombreado	1.0%
Pérdidas por Suciedad y Polvo	1.5%
Pérdidas Espectrales y Angulares	2.0%
Pérdidas por Cableado	2.5%
Total Pérdidas	9.5%
Performance Ratio (PR)	90.5%

Fuente: Ing. Liliana Alemán

²⁷ Universidad Nacional de Tucumán en internet:
<http://www.fm.unt.edu.ar/ds/Dependencias/UnidadPracticaFinal/pasantias/tucuman/tafidelvalle/geografia.html>

Considerando una disponibilidad del 98%, la insolación sobre el plano inclinado afectada por la temperatura debe ser ajustada teniendo en cuenta un Performance Ratio de 90.5% y una disponibilidad de 98%, es decir, considerando un factor final de 88.7%.

Tomando en cuenta las consideraciones técnicas se puede determinar la energía producida anualmente por la planta fotovoltaica propuesta:

Potencia instalada: 2 MWp

Energía teórica a generar: 3.800 MWh por año

CAPITULO VIII

IMPACTO AMBIENTAL

Resumen: 8.1.- Análisis de impacto ambiental.

8.1.- Análisis de impacto ambiental

El impacto medioambiental de las fuentes de energía renovables es reducido, sobre todo en lo que concierne a las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) contaminantes al aire y al agua. Al disminuir la necesidad de obtención de energía a través de otras fuentes más contaminantes, contribuyen a la disminución de las emisiones de gases responsables del efecto invernadero y de la lluvia ácida.

En lo que respecta a la energía solar fotovoltaica, se puede afirmar que, por sus características, es la fuente renovable más respetuosa con el medio ambiente. Los sistemas fotovoltaicos no producen emisiones ni ruidos o vibraciones y su impacto visual es reducido gracias a que por su

disposición en módulos, pueden adaptarse a la morfología de los lugares en los que se instalan.

Sin embargo, el impacto ambiental de la energía fotovoltaica no puede considerarse nulo. Algunos de los problemas y los tipos de impactos ambientales que pueden influir de forma negativa en la percepción de las instalaciones fotovoltaicas por parte de la ciudadanía son los siguientes:

- la contaminación que produce el proceso productivo de los componentes.

- la utilización del territorio.

- el impacto visual.

- el impacto sobre la flora y la fauna.

La contaminación producida en la fabricación de los componentes de los módulos fotovoltaicos y las emisiones de contaminantes que producen depende de la tecnología utilizada. Los sistemas fotovoltaicos más utilizados son los basados en el silicio (elemento extremadamente abundante en la tierra) monocristalino, policristalino y amorfo.

El proceso de fabricación por sí mismo no implica una utilización apreciable de sustancias peligrosas o contaminantes y hay que considerar también que, con las actuales proporciones del mercado fotovoltaico, el silicio puede obtenerse del reciclaje de los desechos de la industria electrónica. “En la actualidad, se utilizan fuentes convencionales de energía durante la fabricación de los módulos, lo que hace que estos tengan asociados un nivel de emisiones de CO₂. El tiempo de recuperación energética, es decir, el período de tiempo que se necesita para que el sistema genere la misma cantidad de energía que se utilizó para su

fabricación, depende de varios factores pero está demostrado que puede reducirse a unos pocos meses, en condiciones climáticas favorables. En las peores condiciones, el tiempo de recuperación energética no supera los 2,5 años y así, para el resto de la vida del sistema, del orden de los 30 años, la energía eléctrica producida puede decirse que está libre de emisiones de CO₂.²⁸

En algunos tipos de células se evidencian posibles riesgos en caso de incendio, debido a la formación de gases tóxicos. Por este motivo, los paneles fotovoltaicos al final de su vida útil tienen que ser debidamente reciclados.

La necesidad de territorio depende principalmente del tamaño y diseño de la instalación fotovoltaica.

En cualquier caso, la utilización de sistemas centralizados requiere notables extensiones de territorio para poder ofrecer una producción eléctrica apreciable.

En general, el impacto visual depende sobre todo del tamaño del sistema. Los sistemas fotovoltaicos de tamaño medio o grande pueden tener un impacto visual no evitable, que depende sensiblemente del tipo de paisaje (de su valor).

Ruidos: el sistema fotovoltaico es absolutamente silencioso, lo que representa una clara ventaja frente a los generadores de motor.

El impacto sobre la fauna y la flora durante la fase de producción normalmente se considera prácticamente inexistente, ya que consiste

²⁸ AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTA, Manual de intervenciones urbanas con energía solar fotovoltaica, (Buenos Aires, 2014), pág. 9

principalmente en la ocupación de suelo y no causa ruido o vibraciones. No es posible eliminar los efectos negativos producidos durante la fase de realización de grandes sistemas, aunque éstos son temporales y limitados.

En cuanto al “robo” de radiación solar por parte de los paneles al medio ambiente circundante que, en teoría podría modificar el microclima local, es necesario recordar que aproximadamente sólo el 10% de la energía solar incidente por unidad de tiempo sobre la superficie del campo fotovoltaico es transformada y transferida a otro lugar en forma de energía eléctrica, siendo el 90% restante reflejada o transferida a través de los módulos.

Del análisis de lo antes descrito, es evidente que toda intervención humana produce impactos negativos o positivos sobre el medio ambiente y ni siquiera las tecnologías poco contaminantes, como la fotovoltaica, están exentas de producir dichos impactos que pueden encontrar dificultades de aceptación por parte de la población. Sin embargo, la magnitud y la significación de los impactos producidos por estos sistemas son claramente inferiores a los de otras tecnologías de producción de energía tradicionales, aunque a veces puedan provocar oposiciones difíciles de superar.

Con estas consideraciones, los siguientes pasos, es decir, la elección del lugar, el estudio del proyecto y los mecanismos de autorización, pueden tener mejores resultados si se realiza una atenta evaluación preventiva de los posibles impactos medioambientales provocados por los sistemas fotovoltaicos.

El estudio de impacto ambiental es un procedimiento analítico orientado a formar un juicio objetivo sobre las consecuencias de los impactos (especialmente los negativos) derivados de la construcción y operación del proyecto analizado. Por su parte, esta evaluación es un proceso que atiende

a dos vertientes complementarias. Por un lado se enmarca en un procedimiento jurídico-administrativo para la aprobación o modificación de la actividad, por parte de la Administración Provincial y/o Nacional. Por el otro, trata de elaborar un análisis encaminado a predecir las alteraciones que la actividad puede producir en las condiciones de la población humana y el medio ambiente en general.

Dado que el sol es una fuente natural, renovable y no contaminante, se convierte en factor deseable de generación eléctrica.

En términos generales, y a favor de lo recién mencionado, se puede citar que:

- ✓ No produce gases tóxicos
- ✓ No contribuye al efecto invernadero
- ✓ No contribuye a la lluvia ácida
- ✓ No origina productos secundarios peligrosos como radiación ionizante ni residuos radiactivos
- ✓ Cada kilovatio hora de electricidad generada por energía fotovoltaica, en lugar de carbón, evita la emisión de aproximadamente un kilogramo de dióxido de carbono a la atmósfera, si se hubiera generado en una central térmica de gas o carbón
- ✓ Las consecuencias provocadas por la energía fotovoltaicas tienen efectos localizados y reversibles, que se pueden superar mediante soluciones técnicas y no representan un peligro serio para el medio ambiente

Además, otros aspectos positivos destacables son:

- ✓ Aumento del nivel de empleo durante la construcción (aproximadamente 150 puestos de trabajo) y leve aumento en el nivel de empleo durante la operación (8 puestos de trabajo)

- ✓ Aumento en la potencia instalada del parque de generación eléctrica argentino.
- ✓ Aumento en el desarrollo de actividades comerciales e industriales por mayor disponibilidad de energía y potencia
- ✓ Movimiento económico resultante de adquisición de bienes y servicios para la obra

Mientras que los aspectos negativos son:

- ✓ Incremento temporal de niveles sonoros en el entorno del frente de obra
- ✓ Alejamiento temporal de fauna y ganado
- ✓ Afectación temporaria de calidad de aire en el entorno del frente de obra por emisión de material particulado y gases de combustión
- ✓ Consumo de agua de acuíferos (será mínimo, sólo para provisión del personal y limpieza)

La cuantificación de los impactos mediante la metodología utilizada muestra que tanto el impacto absoluto como el relativo en la totalidad del ambiente son bajos; el consumo de agua durante la operación será mínimo y no se esperan emisiones gaseosas o efluentes líquidos. Además, aprovechará un recurso renovable y limpio para la generación de energía; y es por eso que el proyecto se considera ambientalmente factible en líneas generales.

De todas maneras, al decidirse la concreción del proyecto deberá realizarse un estudio de impacto ambiental realizado por un equipo idóneo en el tema, que cumpla con lo establecido en la normativa legal y técnica vigente, analizando los impactos y proponiendo la mitigación de los impactos

negativos en todas las fases del proyecto, principalmente: construcción y operación. La normativa provincial y nacional vigente corresponde a las siguientes leyes/decretos:

- Ley Provincial N° 6253 de la Provincia de Tucumán -Normas Generales y Metodología de Aplicación para la Defensa, Conservación y Mejoramiento del Ambiente- y su Decreto Reglamentario N° 2204
- Ley Nacional N° 25675 –Ley general del ambiente-

CAPITULO IX

INVERSIONES Y COSTOS

Resumen: 9.1.- Inversiones en activos tangibles e intangibles.
9.2.- Costos de Operación y Mantenimiento anuales

9.1.- Inversiones en activos tangibles e intangibles

EQUIPOS	COSTO EN MILES DE U\$S
Módulos	1.400
Estructuras soporte	900
Inversores	550
Conductores	90
Transformadores	70
Sistemas de control	40
Sistemas de medición	35
TOTAL EQUIPOS	3.085

CONSTRUCCION Y MONTAJE	COSTO EN MILES DE U\$S
Montaje eléctrico	600
Centro de seccionamiento	30
Caminos, zanjos	45
Ingeniería	25
Puesta en marcha	10
Otros (caminos, cercos, etc)	65
TOTAL MONTAJE	775

SERVICIOS DE TERCEROS	COSTO EN MILES DE U\$S
Importación y transporte	60
Vigilancia, inspección y seguros	70
TOTAL SERVICIOS DE TERCEROS	130

ADMINISTRACION	COSTO EN MILES DE U\$S
Servicios y permisos	50
Estudios (ambientales, terrenos)	60
Coordinación y dirección	30
TOTAL ADMINISTRACION	140

COSTO TOTAL SIN IMPUESTOS	EN MILES DE U\$S
	4.130

La determinación de los costos de inversión se realizó mediante consultas a fabricantes y distribuidores de equipos nacionales y en páginas de internet de fabricantes y distribuidores internacionales.

Los fabricantes nacionales consultados fueron:

- LVEnergy: Fabricante de paneles fotovoltaicos.

CAPITULO X

ANALISIS FINANCIERO

Resumen: 10.1.- Consideraciones 10.2.- Flujo de fondos. 10.3.-
Indicadores de Rentabilidad

10.1.- Consideraciones

- *“La industria de la energía es naturalmente intensiva en inversiones de capital y posee largos plazos de recupero de la inversión que generalmente exceden los 5-10 años”²⁹.*
- Para que la inversión exista (en cualquier industria) se requieren condiciones marco que sean conocidas, previsibles, estables y que proporcionen una rentabilidad conmensurable al riesgo de la actividad.

²⁹ BROWN, Nicolás, La Energía: Los temas de hoy y las alternativas tecnológicas de mañana, Seminario para la Maestría en Gestión de la Energía, UNLa – CNEA, (Buenos Aires, Junio 2013), pág. 31

- La rentabilidad es un concepto “flexible” o “relativo” ya que depende totalmente del perfil del inversor ya sea privado o público.
- El sector privado mide la rentabilidad en términos de retorno económico de capital invertido (ROI, TIR y NAV) en relación al costo de dicho capital (ya sea costo real o de oportunidad, generalmente conocido como WACC)
- Condiciones de mayor estabilidad y previsibilidad, unidas a adecuados sistemas regulatorios, generalmente atraen mayor competencia y reducen los costos a la sociedad.

Para la realización de los Flujos de Fondos del proyecto se consideró un plazo de 15 años, ya que este es el plazo de duración de los contratos con CAMMESA establecidos en la resolución 108/2011 de la Secretaria de Energía. (Ver capítulo V: Marco Legal e Institucional del Proyecto).

Este proyecto realiza un estudio de sensibilidad para tres valores posibles de tarifas asignadas (240, 290 y 320 u\$s/Mwh). En cuanto a dichos valores, los mismos se establecieron teniendo en cuenta que los primeros contratos firmados entre CAMMESA y las generadoras San Juan I y Cañada Honda I, determinaron tarifas de venta de aproximadamente u\$s/Mwh 500. Los valores que se estudian actualmente desde la Secretaria de Energía parten desde los u\$s/Mwh 240, teniendo en cuenta diversos factores para el establecimiento de las mismas.

10.3.- Indicadores de Rentabilidad

VPN (Valor Actual Neto): El valor presente neto corresponde a la diferencia entre el valor presente de los ingresos y el valor presente de los egresos:

$$VAN = VAI - VAE$$

VAI = Valor Actual de los ingresos

VAE = Valor actual de los egresos

Los criterios de decisión tomando como instrumento VAN son:

- VAN > 0, recomendable
- VAN = 0, indiferente
- VAN < 0, no recomendable

TIR (Tasa Interna de Retorno): Es la tasa de interés que equipara el valor presente de los ingresos con el valor presente de los egresos. Lo expresamos con la siguiente ecuación:

$$VAI - VAE = 0$$

$$VAN = VAI - VAE = 0$$

Por lo tanto, redondeando la idea decimos que TIR es la tasa de interés que permite obtener un VAN es igual a cero.

Un criterio adecuado de decisión es establecer comparación entre la TIR del proyecto y el costo de oportunidad del inversionista, entonces:

- $TIR > to$, recomendable
- $TIR = to$, indiferente
- $TIR < to$, no recomendable

to = tasa de oportunidad

PRI (Periodo de Recuperación de la Inversión)

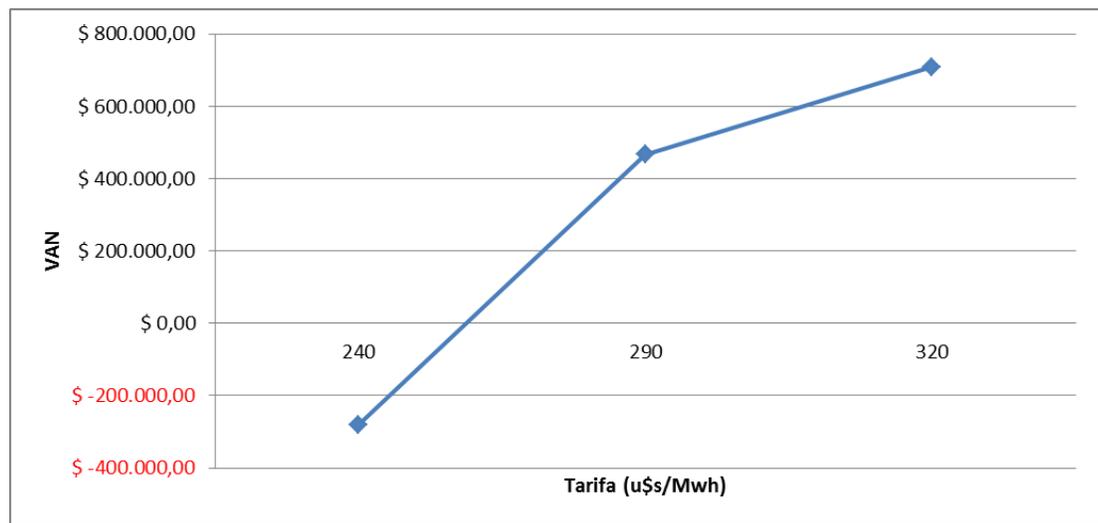
También conocido como Pay-Back, este método nos permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial.

La siguiente tabla resume los valores obtenidos de los indicadores de rentabilidad para los tres escenarios considerados:

Indicador/Tarifa (u\$s/Mwh)	240	290	320
VAN	\$ -280.630,86	\$ 466.363,73	\$ 914.560,48
TIR	8,697%	12,074%	13,981%
PRI	8 años	6,5 años	6 años

Fuente: Elaboración Propia

Variaciones del VAN respecto a las diferentes tarifas

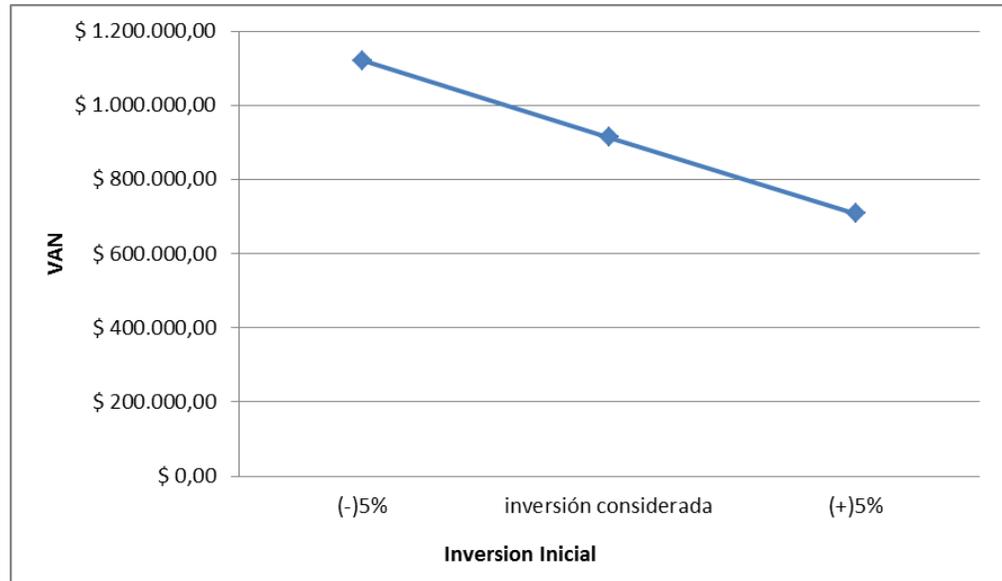


Fuente: Elaboración propia

Como podemos ver en el gráfico, el VAN del proyecto varia significativamente con las variaciones tarifarias. Se observa que a mayor tarifa, mayor VAN.

La otra variable relevante en nuestro proyecto es la inversión inicial ya que su monto es significativo, por lo tanto se decidió realizar un estudio de sensibilidad con respecto a esta, haciendo variar la misma en un +/- 5% con respecto al monto presupuestado. Pueden darse estas variaciones dependiendo del proveedor y de los equipos involucrados.

Variaciones de VAN respecto a la inversión inicial



Fuente: Elaboración Propia

Los flujos de fondos en los cuales se basa este grafico se encuentran en el Anexo III.

La variación en la Inversión inicial se realizó considerando el flujo de fondos de una tarifa de 320 u\$/Mwh, debido a que dicha tarifa representa el caso más favorable.

Considerando los valores obtenidos podemos concluir que para una tarifa de u\$ 240 no sería viable llevar a cabo el proyecto teniendo en cuenta el valor negativo del VAN para este escenario en comparación con los valores de VAN de los otros dos escenarios que son positivos.

Si comparamos los valores de TIR, correspondientes a las tres tarifas obtenemos en todos los casos una tasa de rendimiento mayor que la tasa del 4% anual, que consideramos como tasa de oportunidad para el inversionista (tomando como referencia las tasas de plazos fijos en dólares de las entidades financieras locales).

Al analizar los valores de PRI tenemos que tener en cuenta que el mismo es un indicador de riesgo ya que mientras mayor tiempo tarda en recuperarse la inversión mayor será la incertidumbre y afectara la rentabilidad del proyecto por lo tanto hay que elegir la opción con menor plazo de re recuperación, en nuestro análisis el mismo corresponde a la alternativa de tarifa de u\$s 320.

Para finalizar determinamos la tarifa asignada de venta de u\$s 320 como la que corresponde al proyecto más conveniente, considerando este valor como una tarifa viable a ser establecida por CAMMESA..

CAPITULO XI

CONCLUSIONES

Las instalaciones de generación fotovoltaica se caracterizan por su larga duración, una elevada fiabilidad, poco mantenimiento, y por no producir daños al medio ambiente. Además, tienen el valor añadido de emplear recursos autóctonos, disminuyendo la dependencia energética del exterior, sustituyendo combustibles fósiles como el diesel o el gas natural que actualmente se importan en un alto porcentaje, por un recurso natural inagotable: el Sol.

En base al estudio de prefactibilidad realizado podemos determinar que la construcción de la Planta de Energía Solar en los valles tucumanos es totalmente factible y rentable en las condiciones actuales; esto es posible económicamente hablando, debido al fomento que ejerce el Estado en cuestiones relativas a los subsidios y tarifas que se establecen para la generación de energías renovables, principalmente gracias a las leyes de fomento antes mencionadas.

Sumado a esta situación, otro factor económico para tener en cuenta es que los fabricantes de paneles fotovoltaicos garantizan por el periodo desde la fecha de la venta del módulo al cliente original, y hasta 25 años después, que reparará o reemplazará (a su elección) cualquier módulo que demuestre una potencia de salida menor del 80% de la potencia mínima reflejada en las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico. Además, por el periodo desde la fecha de la venta del módulo al cliente original, y hasta 10 años después, reparará o reemplazará (a su elección) cualquier módulo que demuestre una potencia de salida menor del 90% de la potencia mínima reflejada en las especificaciones técnicas del panel fotovoltaico. Esta garantía nos otorga seguridad a largo plazo por nuestra elevada inversión y costos de mantenimiento relativamente bajos.

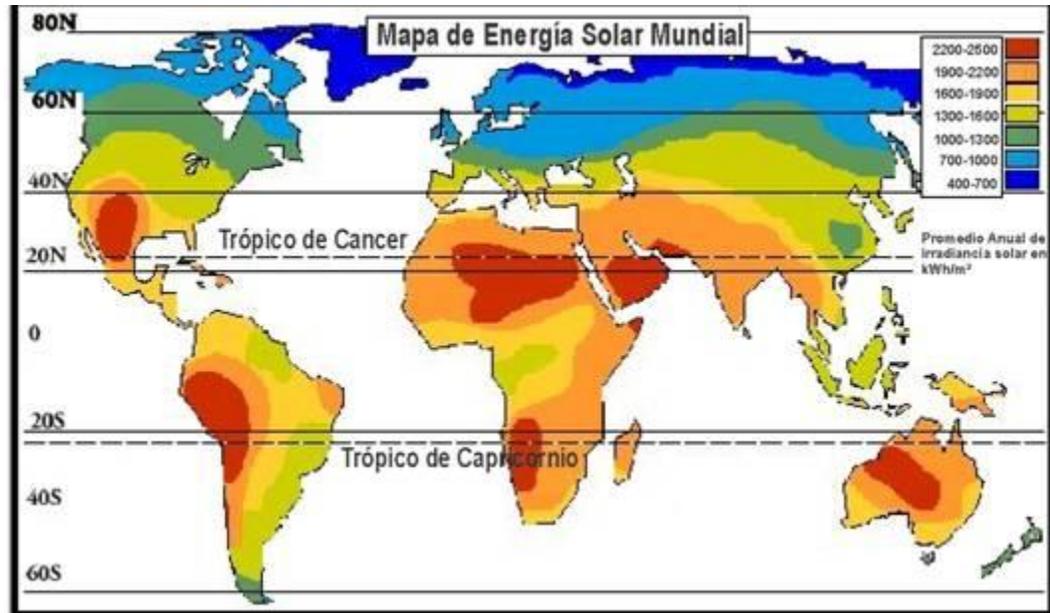
Además de las consideraciones económicas podemos mencionar otros beneficios de la implementación de paneles fotovoltaicos como por ejemplo que es una tecnología madura y de rápida instalación, sus costos son competitivos, aportan energía limpia y segura, existe una probada capacidad tecnológica.

Las condiciones naturales existentes en la provincia nos permiten un buen y razonable nivel de generación sin sacrificar los requerimientos ambientales, ya que se trata de una energía “limpia” y no contaminante. Este factor es muy importante debido a la ubicación geográfica y condiciones climáticas de la localidad de Tafí del Valle que es gracias a dichas condiciones uno de los lugares turísticos más importantes de la provincia. La construcción de esta central fotovoltaica además otorgaría a la localidad un valor agregado al ser considerada como libre de emisiones de carbono y contaminación a la vez que se generan puestos de trabajo tanto en la etapa de construcción como de en la etapa de operación.

Todo esto nos lleva a concluir en que a primera vista el proyecto es factible y rentable y se puede pasar a la siguiente etapa en la realización de un estudio de factibilidad mucho más profundo.

ANEXO I
RECURSO SOLAR EN ARGENTINA

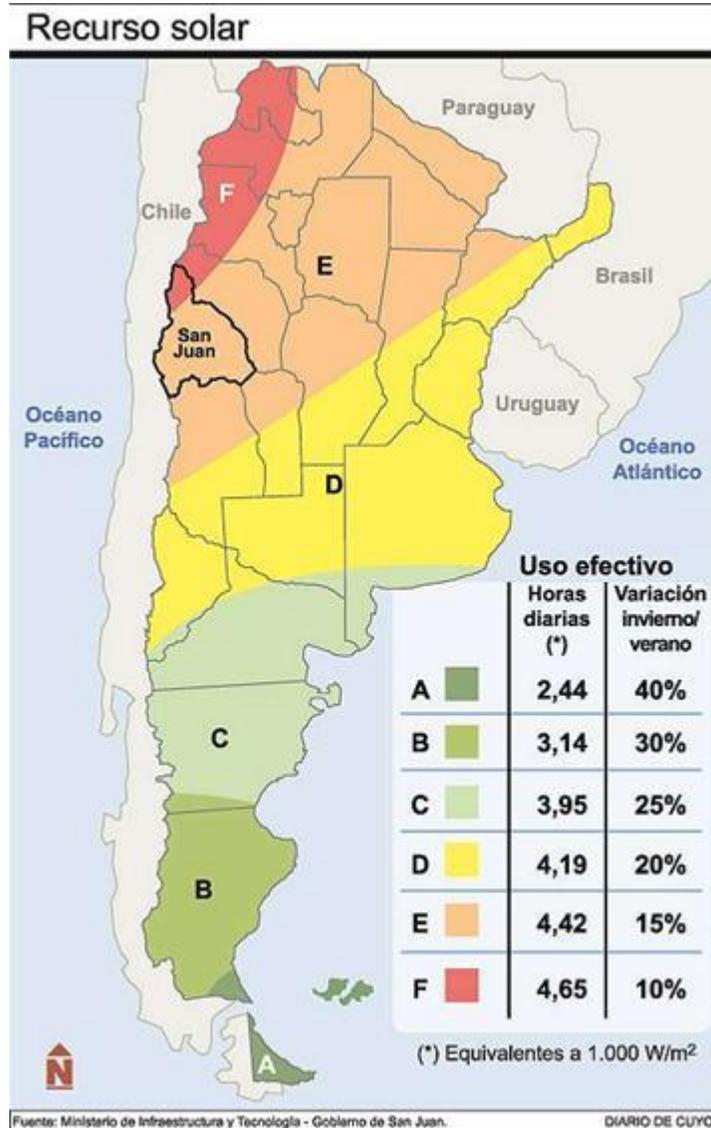
1.- Mapa solar mundial:



Fuente: www.ayunenergia.com

La potencialidad del uso de la energía solar está dada por la interesante radiación que llega a nuestro país, en contraposición con países como Alemania, uno de los líderes en el uso de este tipo de energía, donde la radiación es muchísimo más pobre. Esto debería darnos idea del recurso que estamos desperdiciando.

2.- Mapa de recurso solar en Argentina



Fuente: Ministerio de infraestructura y tecnología. Gobierno de San Juan

Este mapa representa con diferentes colores, las regiones con el promedio de horas diarias de uso efectivo de horas de utilización de la radiación solar. La provincia de Tucumán se encuentra en el segundo escalón de valores con un valor de 4,42 hs. promedio anuales.

ANEXO II
DETERMINACION DE LOS COSTOS DE OPERACIÓN
Y MANTENIMIENTO

La siguiente información acerca de costos de operación y mantenimiento fue provista por la **Ing. Liliana Alemán** (MP: 173- EL - n° de contacto: 0388 – 155871777), especialista en Energías Renovables, y que actualmente se encuentra trabajando en el proyecto PERMER de la Secretaria de Energía de la Nación.

Los costos de Operación y Mantenimiento (OyM) de las centrales fotovoltaicas implican un mantenimiento bajo en comparación a otro tipo de centrales convencionales y tienen la ventaja que se pueden realizar con la planta operando y por ende, se puede seguir generando en este período.

El mantenimiento preventivo se realiza una vez por año y consiste en el ajuste de pernos y tornillos, además de la mantención de los inversores principalmente.

Por otra parte, la limpieza de los paneles también es una parte importante para el óptimo funcionamiento de la central, aunque muchas veces no es necesaria debido a las lluvias e inclinación de los paneles que los limpian del polvo acumulado.

En la ubicación del proyecto, no obstante, es indispensable la limpieza de los paneles por lo menos una vez al mes y/o luego de algún viento. Esta limpieza se puede realizar en seco, evitando así el uso de agua.

También es necesario el mantenimiento preventivo, y a veces correctivo, de los equipos y protecciones de media tensión que permiten la correcta conexión con la red.

De acuerdo a lo que ya se vio, estas plantas no requieren mayores mantenimientos.

Los costos de operación se derivan de los mantenimientos preventivos programados, posibles reparaciones tanto a los paneles,

inversores, transformadores o conexiones eléctricas, más el costo de la limpieza de los paneles, además de los sueldos del personal tanto para turnos en la planta como del personal administrativo.

Sin embargo, algunos estudios indican que el costo de mantención está correlacionado de buena forma con el tamaño de la planta, situando este valor en un 1 al 3% de la inversión inicial.

En nuestro caso se ha considerado una dotación de cinco empleados:

- 1 Ingeniero X u\$s 4600 = u\$s 4600 (se consideró un Profesional reemplazante para cubrir vacaciones)
- 2 Técnicos X u\$s 1530 cada uno = u\$s 3060
- 3 Personal de vigilancia X u\$s 1000= u\$s 3000

TOTAL MENSUAL: u\$s 10660

TOTAL ANUAL: u\$s 128.000

El valor calculado corresponde al 3% de la inversión, lo cual resulta un valor aceptable y ajustado a lo previsto internacionalmente.

ANEXO III

FLUJOS DE FONDOS VARIACION INVERSION INICIAL

GLOSARIO Y SIGLAS

CAMMESA: Compañía Argentina del Mercado Mayorista Eléctrico
S.A.

ENARSA: Energía Argentina Sociedad Anónima

FV: Fotovoltaico

GW: Giga vatios

GWh: Giga vatios hora

MEM: Mercado Eléctrico Mayorista

MWh: Mega vatios hora

MW: Mega vatios

NASA: *National Aeronautic and Space Administration*

SADI: Sistema Argentino de Interconexión

INDICE BIBLIOGRAFICO

A. General

- BACA URBINA, Gabriel. Evaluación de Proyectos. 5° Edición. (s.d)
- DEL CARRIL, Juan Carlos, DE MARCO, Miriam, USANDIVARAS, Silvia, Tesis y Tesinas en Ciencias Económicas. 1° Edición, (Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, 2006).
 - MIRANDA, Juan José. Gestión de Proyectos. 4° Edición. (s.d)
 - SAPAG CHAIN, Nassir. Preparación y Evaluación de proyectos. 5° Edición. (México, 2011)

B. Especial

- ABDALA, Manuel Ángel y BASTOS, Carlos Manuel , Transformación del Sector Eléctrico Argentino, 2° Edición, (Córdoba, 2000)
- AGUILERA, J. y Otros, Manual Técnico: Instalación de Plantas Fotovoltaicas en Terrenos Marginales, (VALENCIA, MAYO 2011)

- BROWN, Nicolás, La Energía: Los temas de hoy y las alternativas tecnológicas de mañana, Seminario para la Maestría en Gestión de la Energía, UNLa – CNEA, (Buenos Aires, Junio 2013)
- ESTEVEZ, Belén, Democratización Energética, 1° Edición, (Buenos Aires, Diciembre 2011)
- ESTEVES MIRAMONT, Alfredo, La Energía que se viene, en: Comunidad Diario La Nación (Buenos Aires, Diciembre 2013)
- LAPEÑA, Jorge, Una estrategia para salir de la crisis eléctrica, en Revista: Proyecto Energético, (Buenos Aires, Mayo 2014)
-
- ROCHA, Laura, Un Nuevo Horizonte, EN Comunidad Diario La Nación, (Buenos Aires, Febrero 2008)
- Se Inauguró una Nueva Estación Transformadora en Tafi del Valle, en La Gaceta, (Tucumán, 16 de mayo de 2014)
- ST JAMES, Carlos, Estado Actual de la Industria Argentina de Energías Renovables, en Revista Clean Energy. (Buenos Aires, Octubre/Noviembre 2011)
- VILLALONGA, Juan Carlos, Energías Renovables: ¿Por qué debería ser prioritario cumplir el objetivo del 8% al 2016?, 1° Edición, (Buenos Aires, 2013)

C. Consultas a base de información en Internet:

- Cámara Argentina de Energías Renovables. www.cader.org.ar , 2012
- “Directorio de la Industria de Energías Renovables”, 3ra edición (2010). Cámara Argentina de Energías Renovables. www.argentinarenovables.org

- ENARSA, en Internet: www.enarsa.com.ar, (Octubre, 2014)
- Energía Eólica: No hay más excusas, en Internet: <http://energiaslimpias.org7energia-eolica-no-hay-mas-excusas>, (Octubre, 2014)
- Global Energy Network Institute (GENI). El Potencial de América Latina con Referencia a las energías Renovables, en Internet: <http://www.geni.org/globalenergy/research/renewable-energy-potential-of-latin-america/el-potencial-de-america-latina-energia-renovable.pdf> (Octubre, 2014)
- Greenpeace- European Renewable Energy Council. Revolución Energética. Un futuro Energético Sustentable para la Argentina, en Internet: http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2011/cambio_climatico/revolution-energetica-2011-baja.pdf , (Octubre, 2014) 2da. Edición
- Inti Renova, en Internet: <http://www.inti.gob.ar/e-renova/erSO/er21.php>, (Septiembre, 2014)
- MR Consultores. “2da Comunicación Nacional del Gobierno de la Republica, Mitigaciones de emisión a través del desarrollo de la utilización de energías renovables”, en Internet: http://www.energia.gov.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/contenidos_didacticos/publicaciones/EnergiasRenovables.pdf
- NASA; en Internet: <https://eosweb.larc.nasa.gov/sse/retscreen> , (Octubre 2014)
- Proyecto y Fundación Desertec, en Internet: www.desertec.org.ar, (Agosto, 2014)
- Renobables2b. Energía Verde: El Gobierno Adjudico Proyectos por 9 millones, en Internet: http://www.renobables2b.com/ahk_argentina/es/portal/index/news/show/ad0e68df21aa308a, (Octubre 2014)

- Secretaría de Energía. Informe Estadístico del Sector Eléctrico 2012, en Internet: <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=3783>, (Septiembre, 2014)
- Secretaría de Energía de la República Argentina, en Internet: <http://energia3.mecon.gov.ar>, (Agosto, 2014).
- Secretaría de Medio Ambiente de la Nación, en Internet: www.ambiente.gov.ar, (Octubre, 2014)
- Secretaría de Medio Ambiente de la Nación. UDES. "Marco de Referencia para elaborar una Estrategia de fomento de las energías Renovables (ER) y Eficiencia Energética (EE), en Internet: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/energetico/File/marco_referencia.pdf, (Septiembre, 2014)

INDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCION	3
CAPITULO I	6
ENERGIAS RENOVABLES	6
1.1.- Energías renovables.....	6
1.2.- Evolución Histórica de las Energías Renovables	11
1.3.- La energía solar	12
1.4.- ¿Por qué tienen sentido las energías renovables en Argentina?	21
CAPITULO II.....	23
DESCRIPCION DEL PROYECTO	23
CAPITULO III.....	25
ANALISIS DE MERCADO	25
3.1.- Características del producto	25
3.2.- Análisis de la demanda.....	26
3.3- Análisis de la oferta	29
3.4.- Precios.....	34
CAPITULO IV	35
LOCALIZACION	35
4.1.- Macro localización	35
4.2.- Micro localización.....	37
CAPITULO V	39
MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DEL PROYECTO.....	39
CAPITULO VI	45

CAPACIDAD DE PRODUCCION	45
6.1.-Capacidad del proyecto	45
6.2.- Factores condicionantes del tamaño	48
6.3.- Determinación de la capacidad	49
CAPITULO VII	51
INGENIERIA DEL PROYECTO	51
7.1.- Proceso de producción- Medios físicos.....	51
7.2.- Descripción Técnica – Tecnología	52
7.3.- Volumen de energía eléctrica a producir	57
CAPITULO VIII	60
IMPACTO AMBIENTAL	60
8.1.- Análisis de impacto ambiental	60
CAPITULO IX	67
INVERSIONES Y COSTOS	67
9.1.- Inversiones en activos tangibles e intangibles	68
9.2.- Costos de OyM (considerando cargas sociales):	70
CAPITULO X	71
ANALISIS FINANCIERO.....	71
10.1.- Consideraciones	71
10.2.- Flujos de Fondos del Proyecto.....	73
10.3.- Indicadores de Rentabilidad	76
CAPITULO XI	81
CONCLUSIONES	81
ANEXO I	84

ANEXO II.....	87
ANEXO III.....	90
GLOSARIO Y SIGLAS	93
INDICE BIBLIOGRAFICO.....	94
INDICE.....	98