

## **EVALUACIÓN ECONÓMICA Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD EN BASE A DATOS REALES DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

**G. E. Coria<sup>1</sup>, C. Tascheret<sup>1</sup>**

Instituto de Energía Eléctrica (IEE) – Universidad Nacional de San Juan (UNSJ)  
Av. Libertador San Martín Oeste 1109, J5400ARL, San Juan, Argentina  
Web: <http://www.iee-unsj.org/>, Tel. 54-264-4226444, Fax 54-264-4210299, E-mail: [gcoria@iee.unsj.edu.ar](mailto:gcoria@iee.unsj.edu.ar)

*Recibido 18/08/14, Aceptado 29/09/14*

**RESUMEN:** Este trabajo presenta una evaluación económica de un sistema fotovoltaico (FV) instalado en una vivienda y conectado a la red de distribución. Teniendo en cuenta distintos escenarios como por ejemplo el precio de la energía residencial, el costo de inversión, el precio de la prima, etc; se realizan distintas evaluaciones económicas y se elabora un análisis de sensibilidad con la finalidad de determinar cuales son las variables más influyentes, y además se proponen diferentes alternativas para hacer viable la inversión en sistemas FV. Los datos para realizar los pronósticos surgen de tres sistemas FV residenciales conectados a la red eléctrica de distribución de la distribuidora eléctrica de Caucete (DECSA) en la localidad de Caucete de la Provincia de San Juan, Argentina. Estos sistemas de prueba tienen como finalidad llevar a cabo una serie de mediciones y ensayos experimentales. Para nuestro caso de estudio solo se utilizaron los datos reales de las mediciones provenientes de uno de estos tres sistemas FV residenciales.

**Palabras Clave:** Generación Distribuida, Energía Solar, Sistemas Fotovoltaicos, Incentivos Energía Solar, Feed In Tariff.

### **INTRODUCCIÓN**

La irrupción de las energías renovables (ER) en el panorama energético mundial y su inserción como generación distribuida (GD) está cambiando los flujos de energía en la red eléctrica de distribución (Marsden, 2012). Los usuarios no sólo consumen sino que también producen electricidad a través de la misma red y el flujo de energía puede ser bidireccional.

Este contexto surge bajo el nuevo paradigma de las redes inteligentes en las cuales se puede lograr un aprovechamiento óptimo de la generación eléctrica a nivel de distribución. En zonas con potencial de recursos naturales renovables, como es el caso de la Provincia de San Juan por su alta radiación solar, se hace imprescindible analizar la posibilidad de utilizar ER como fuentes de generación eléctrica distribuida, considerando factores técnicos, económicos y ambientales (Doña, 2012).

Esto ha llevado a que en la última década se haya observado un acentuado interés en la incorporación de Sistemas de Generación Distribuida Fotovoltaica, con el inconveniente que los costos de estos sistemas en la mayoría de los casos todavía no son competitivos con los precios de la electricidad residencial en el corto plazo, por lo que resulta necesario desarrollar programas de apoyo a estas tecnologías. Estos sistemas de apoyo son una medida temporal para desarrollar e impulsar el mercado y lograr economías de escala que logren reducir costos, es por ello que deben adaptarse a las condiciones particulares de cada región. En el presente trabajo se analiza la viabilidad económica de la inversión teniendo en cuenta la metodología más utilizada en la actualidad, como es el sistema de primas (Feed-In-Tariff FIT).

Para este análisis se cuenta con datos reales de sistemas fotovoltaicos (FV) conectados a la red eléctrica de distribución de la Distribuidora Eléctrica de Caucete (DECSA) de la Provincia de San Juan, Argentina. Las mediciones que se obtienen de estos sistemas son: la energía FV generada, la energía FV consumida por la vivienda, la energía FV entregada a la red y la energía eléctrica que la vivienda consume de la red (Pontoriero y Facchini, 2012).

Asimismo se tienen en cuenta en la evaluación económica diferentes escenarios de análisis, en cuanto al precio de la energía residencial, costo de inversión, precio de la prima, etc.

A partir de las diferentes evaluaciones económicas realizadas se elabora un análisis de sensibilidad con la finalidad de determinar cuales son las variables más influyentes, y se proponen diferentes primas y subsidios para hacer viable la inversión en sistemas FV.

### **SISTEMAS FV DOMICILIARIOS**

Para la selección de las viviendas se tuvo en cuenta el consumo bimensual promedio de los usuarios del sector residencial (Tarifa TI-R), la ubicación espacial, la zona de los alimentadores, la superficie disponible en techo de las mismas y la

aceptación de la distribuidora y de los usuarios. Para el diseño de los sistemas FV se tuvo en cuenta fundamentalmente dicho consumo promedio y las condiciones atmosféricas y climáticas de la Ciudad de Caucete.

Los Usuarios del sector residencial, se encuentran agrupados en las siguientes categorías (bandas) Tarifarias: Tarifa T1-R1, Tarifa T1-R2, y Tarifa T1-R3. La Tarifa T1 comprende a todos aquellos usuarios de pequeñas demandas, cuya potencia máxima promedio de 15 minutos consecutivos es inferior a 10 [kW] y, dentro de ella, la Tarifa T1-R corresponde a quienes su uso final de la energía es exclusivamente residencial (Morán et al., 2009). En la Tabla 1 se muestran las bandas de consumos definidas por la normativa provincial para los usuarios residenciales.

Tarifa	Consumo Bimestrales
T1-R1	Menores a 220 kWh
T1-R2	Entre 220 kWh y 580 kWh
T1-R3	Mayores a 580 kWh

Tabla 1: Bandas de consumo residenciales

En nuestro caso se seleccionó una vivienda en cada banda de consumo tarifario en la empresa distribuidora eléctrica de Caucete (DECSA). Además, como ya se mencionó, se debió hacer un relevamiento de cada vivienda teniendo en cuenta la superficie de techo disponible para instalar módulos FV, el efecto de sombras posibles de edificios y arbolados circundantes, la posibilidad de instalar el equipamiento requerido en el interior de la vivienda, como son el tablero de comando con las protecciones y el inversor, y la aceptación de los habitantes de las viviendas para instalar el sistema FV en las mismas y de la distribuidora.

Se debe tener en cuenta que para el dimensionamiento de cada uno de los componentes de los sistemas FV se consideró el consumo promedio bimensual, pero además se debió considerar el equipamiento disponible en el mercado como son el tipo de módulos FV e inversores apropiados (Sulaiman et al., 2012). Por ello se seleccionó un tipo de inversor para cada vivienda, eligiendo un inversor con transformador de acoplamiento a la red, para la vivienda de mayor consumo (T1-R3) e inversores sin transformador de acoplamiento a la red para las otras dos viviendas, a fin de estudiar el comportamiento de los mismos (Norma Internacional IEC 61724, 1998). Además en función de estos inversores y del consumo se seleccionó tipo y cantidad de módulos FV, como así también las protecciones recomendadas para este tipo de sistemas.

El dimensionamiento se ajustó con programas de simulación que permitieron, en función de las condiciones atmosféricas y climáticas del lugar y el consumo de las viviendas, seleccionar el equipamiento apropiado. Se tuvieron en cuenta algunos criterios de dimensionamiento de la cantidad de módulos FV en función de condiciones extremas de funcionamiento, dadas por irradiación superiores a 1200 Wh/m<sup>2</sup> y temperaturas de celdas muy bajas, de alrededor de 10°C bajo cero (posibles de alcanzar en la provincia de San Juan) (Pontoriero et al., 2013). Estas condiciones hacen que la máxima potencia alcanzada por el campo FV ronde alrededor de un 20% más de la potencia establecida en condiciones estándar de medidas por los fabricantes de los módulos FV. Así se verificó que no se superaran los máximos admisibles en los inversores en lo que respecta a valores de potencia y de tensión máximas de entrada.

En la Tabla 2 se indican los componentes instalados en cada uno de los sistemas. En todos los casos los módulos FV son del tipo policristalino.

Sistema	Inversor	Módulos FV
T1-R1	1.6 kW sin trafo	7 x 235 = 1645 Wp
T1-R2	3 kW sin trafo	9 x 295 = 2655 Wp
T1-R3	3.8 kW con trafo	10 x 295 = 2950 Wp

Tabla 2: Equipamiento de cada vivienda

Como se observa en esta tabla la potencia pico instalada en módulos FV es inferior a la nominal de los inversores en los sistemas T1-R2 y T1-R3. Esto se debió a la necesidad de proteger los inversores y por el dimensionamiento resultante. Por las razones antes mencionadas se seleccionaron 9 módulos FV para el sistema FV T1-R2 (con 10 se estaba al límite de potencia y tensión máxima admitida por el inversor). De forma similar para el sistema T1-R3 se hubieran podido instalar 11 módulos de 295 Wp, pero la tensión máxima del campo FV superaba la tensión máxima admisible por el inversor. Por otro lado con 12 módulos se podían conectar 2 strings en paralelo, pero la tensión del campo FV era inferior a la tensión mínima del inversor, lo que provocaría pérdidas de energía en el sistema. En cambio con el sistema FV T1-R1 se decidió, para analizar el funcionamiento del inversor y del sistema, instalar 7 módulos de 235 Wp, que corresponden a una potencia de 1,645 kWp totales que, si bien es superior a la potencia nominal del inversor, por sus características admite una potencia máxima de entrada proveniente del campo FV de 1,7 kW, situación límite en especial en condiciones extremas de irradiación y temperatura. Se debe aclarar que los módulos de 295 Wp instalados en los sistemas T1-R2 y T1-R3 no eran aptos para el sistema T1-R1 por los saltos de potencia que implicaba seleccionar la cantidad de módulos debido a que con estos paneles se superaba la potencia del inversor, por ello se utilizaron módulos de 235 Wp.

Un dato muy importante en el diseño de los sistemas FV instalados, para la evaluación que se presenta en este trabajo, fue el tipo de medidores de energía requeridos. La conexión a la red de distribución del sistema FV puede ser directa con una

entrada independiente a la vivienda o realizar la conexión a la red en un punto común de entrada a la vivienda (Pontoriero et al., 2013). En las tres viviendas residenciales mencionadas se conectó el sistema FV en un punto común de entrada a las viviendas, esquematizadas en la Figura 1.

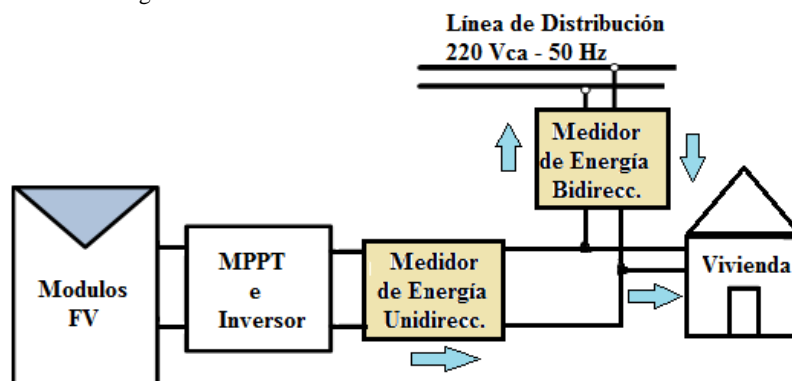


Figura 1: Sistema FV instalado en las Viviendas

En la Figura N° 1 se observa la instalación de un medidor de energía unidireccional que registra la energía generada por el sistema FV y un medidor bidireccional que registra la energía que la vivienda toma de la red eléctrica de distribución y a su vez la energía generada por el sistema FV que pueda ser inyectada a la red. Las flechas indican los posibles flujos de energía. De esta manera se puede realizar una evaluación completa del flujo energético de todo el sistema integrado.

Además en la Figura 1 se muestran los componentes más importantes del sistema FV como son el seguidor del punto de máxima potencia (MPPT) y el inversor (en este caso ambos están integrados en un solo equipo) y los módulos FV. No se grafican los elementos de control y seguridad, como son disyuntores, llaves termo-magnéticas y puesta a tierra, necesarios en el sistema. Por otro lado se registran tensiones y corrientes alternas y continuas, y en la zona: irradiación solar, temperatura de celdas FV y demás datos climáticos del lugar.

## MECANISMOS DE PROMOCIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

Sin el apoyo de instrumentos adecuados, la expansión del mercado de la electricidad solar no se producirá a una velocidad suficiente. Para acelerar el rediseño del sistema de suministro eléctrico se deben implementar, temporariamente, herramientas potentes y eficaces que apoyen el uso de las ER. Diferentes países se encuentran trabajando en este sentido y vienen implementando desde hace algunos años, medidas tendientes a ayudar al desarrollo de las ER (European Photovoltaic Industry Association, 2007).

Entre los criterios que deben tenerse en cuenta para evaluar los regímenes de apoyo a las ER, se pueden citar los siguientes:

**Seguridad del Inversor:** Un sistema de soporte que presente incertidumbre es poco efectivo.

**Simplicidad y Facilidad de Implementación:** Clave para llegar a inversores de pequeña escala.

**Éxito Demostrado:** Los mecanismos deben tener las bases asentadas y éxito en el largo plazo.

**Costo-Efectividad:** Se deben comparar los costos asociados a los esquemas de apoyo y su resultado real buscando la mejor relación.

**Apuesta al Crecimiento de una Combinación de Tecnologías:** Solo un sistema de apoyo que incluya nuevas tecnologías con gran potencial, puede liderar un plan sustentable a futuro.

Los sistemas se pueden clasificar según su origen y estructura en dos instrumentos de soporte.

### A. Instrumentos de Soporte Directo:

a) *Mecanismos de Demanda Voluntaria:* Los consumidores aceptan pagar un plus por recibir la ER producida en el sistema eléctrico. Este esquema es dependiente de que los consumidores conozcan los beneficios de las ER y asuman aumentar su tarifa eléctrica a cambio de estos beneficios.

b) *Mecanismos Basados en la Inversión:* Se incentiva la aparición de generación de ER reduciendo el elevado costo de inversión a través de subsidios, a través de diferimiento de los impuestos o mediante créditos bancarios con tasas de interés inferiores a las normales para una inversión de ese riesgo.

c) *Mecanismos Basados en Sistemas Cuota:* Se exige un mínimo porcentaje (Cuota) obligatorio de generación a partir de ER. El principio fundamental es que el gobierno obliga a los productores, distribuidores o consumidores a tener un cierto porcentaje de ER.

d) *Mecanismo Basado en Primas o Precios Fijos – (Feed-in-Tariff):* El Sistema de Primas es una tarifa que implica la obligación por parte de la empresa de distribución de comprar la energía generada por los productores de ER en su área de servicio con un arancel determinado y garantizadas, durante un período de tiempo definido (Kyoung-Kuk y Chi-Guhn, 2012; Del Carpio-Huayllas et al., 2012). Una variante de este tipo de mecanismo es la Medición Neta en donde la energía producida

se usa primero para consumo propio y los excedentes se los inyecta a la red, de esta manera dichos excedentes se vierten en la red y el usuario recibe una prima por kWh inyectado. Existen algunos países en donde se emplean mecanismos de promoción de energías renovables que son una combinación de estos dos sistemas.

#### B. Instrumentos de Soporte Indirecto:

Existen diversos mecanismos indirectos, uno de ellos es el Protocolo de Kyoto el cual obliga a los distintos países a reducir las emisiones contaminantes del medio ambiente. Otra manera es con los costos externos de las tecnologías fósiles, las mismas pueden ser cargadas con impuestos para compensar el beneficio medioambiental aportado por las ER.

En base a la bibliografía consultada acerca de los diferentes mecanismos de promoción que existen en la actualidad, se llegó a la conclusión que el más empleado en distintos países es el Basado en Primas o Precios Fijos – (Feed-in-Tariff) (Sarasa-Maestro et al., 2013). Cabe destacar que este mecanismo es una herramienta eficaz y sencilla que genera condiciones de seguridad para los inversores potenciales, por esto el sistema de primas fue elegido para llevar a cabo este estudio.

### EVALUACIÓN ECONÓMICA

En nuestro análisis solo se tuvo en cuenta uno de los 3 sistemas fotovoltaicos instalados en viviendas residenciales en la localidad de Caucete. En este marco se plantea un análisis de viabilidad económica de los sistemas FV con inserción de energía a la red de distribución. A la luz de los resultados del análisis anterior se realizó un análisis de sensibilidad de aquellas variables consideradas más significativas, como ser la remuneración a obtener por la energía inyectada a la red (Valor de la Prima), los costos de inversión (Costo del Inversor y de los Paneles FV) y la tarifa que paga el usuario por la energía consumida de la red (Tarifa de Red). A partir de las mismas se plantearon diversos escenarios a fin de determinar aquellos valores que harían conveniente la inversión de los usuarios residenciales.

Para la determinación de la rentabilidad de la instalación, se utilizaron los métodos de valoración de inversiones de la TIR-Tasa Interna de Retorno y el VAN-Valor Actual Neto. En todos los casos se realiza una evaluación de un horizonte de 20 años considerado como la vida útil de las instalaciones.

#### Variables Consideradas

La producción anual que se obtuvo de las mediciones del sistema FV instalado hace referencia a toda la energía generada por dicha instalación con las siguientes características (Facchini et al., 2010): Potencia Instalada: 3 [kWp] (potencia proporcionada por el generador en las condiciones de medidas estándar (1000 [W/m<sup>2</sup>] de radiación, temperatura de 25° [C] y una masa de aire espectral de 1,5 (AM)). Se considera una pérdida anual del 1% en la energía producida por la disminución del rendimiento de los paneles solares con la vida de los mismos. Respecto de la proyección de la demanda para los 20 años de estudio, se consideró un aumento anual del 1%.

Se adoptó un ángulo de inclinación fijo de 30° respecto al plano horizontal y la orientación de 0° hacia el Norte, valores considerados óptimos para la provincia de San Juan. Radiación Diaria Media para el plano inclinado de 30° y por temporada: Verano ≈ 7,38 [kWh/m<sup>2</sup>], Otoño/Primavera ≈ 6,78 [kWh/m<sup>2</sup>] e Invierno ≈ 5,53 [kWh/m<sup>2</sup>].

Mediante el dispositivo de medición existente en la instalación se pueden conocer los valores de: energía FV generada, energía FV consumida por la vivienda, energía FV entregada a la red y energía eléctrica que la vivienda consume de la red.

DATOS TÉCNICOS - ECONÓMICOS		
Año de Inversión	Año	2012
Potencia Instalada	Wp	3000
Vida Útil	Años	20
Energía Anual Generada	kWh/año	5970,98
Pérdidas Anuales por Rendimiento	%	1
Costo Unitario de la Instalación	U\$S/Wp	3,75
Precio Prima (Ley 26190)	U\$S/Wp	0,183
Tasa de Descuento	%	5
Gastos Medios Anuales por Mantenimiento	U\$S/año	338,15
Tasa de Cambio	1 U\$S = 4,92 \$arg	

Tabla 3: Variables consideradas para el análisis económico (Caso Base)

#### Escenarios de Análisis

Se plantean diversos escenarios de análisis considerando: Costo del Inversor, Costo de los Paneles Fotovoltaicos, Valor de la Prima (remuneración por kWh generado) y Precio de Red. De esta forma se proponen los siguientes escenarios de análisis:

- Escenario 1: Disminución del costo del inversor hasta un 30 %, a partir del valor base de 2241,24 U\$S.

- Escenario 2: Disminución del costo de los paneles FV hasta un 30 %, a partir del valor base de 6300 U\$S.
- Escenario 3: Incremento del valor de la prima hasta un 50%, a partir del valor base de 0,183 U\$S que rige la Ley 26.190.
- Escenario 4: Incremento del precio de red hasta un 100 %, a partir del valor base de 0,0598 U\$S.
- Escenario 5: Determinación de un subsidio por parte del gobierno para la inversión inicial de tal manera de que el negocio sea rentable para el inversor.

*Resultado del Análisis Económico y del Análisis de Sensibilidad*

Para el caso base, resulta un VAN negativo (U\$S - 1.037) lo cual nos muestra que en la actualidad este tipo de sistemas no es rentable para el inversor. En la Figura 2 podemos observar que para obtener un valor de VAN igual a cero el costo del inversor tendría que reducirse en más de un 30%, lo cual es muy poco factible debido a los altos costos que involucran la fabricación de este componente. Para el caso de una reducción de los costos de los paneles FV (Escenario 2), lo cual se muestra en la Figura 3, podemos determinar que con una disminución de un 15% aproximadamente la inversión comienza a ser rentable. Esto era de esperarse ya que los costos de los paneles representan más del 50% de la inversión inicial. Para los dos casos antes mencionados se observa un comportamiento creciente lineal a medida que se reducen ambos costos.

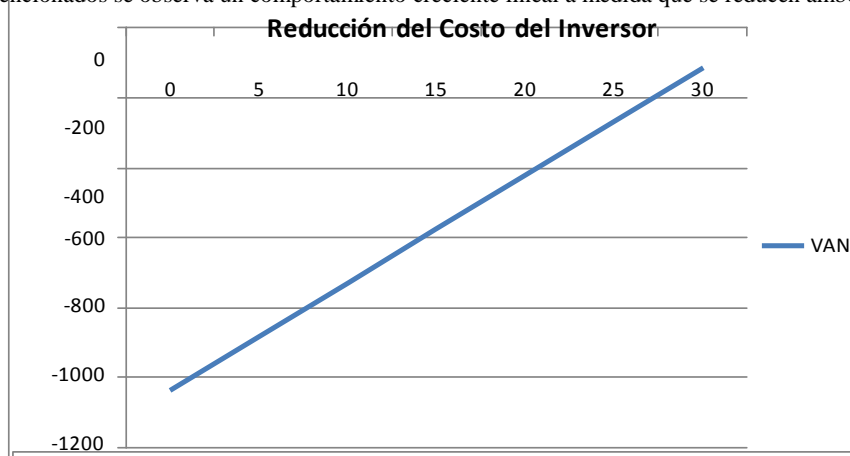


Figura 2: Variación del VAN con la Reducción del Costo del Inversor (Escenario 1)

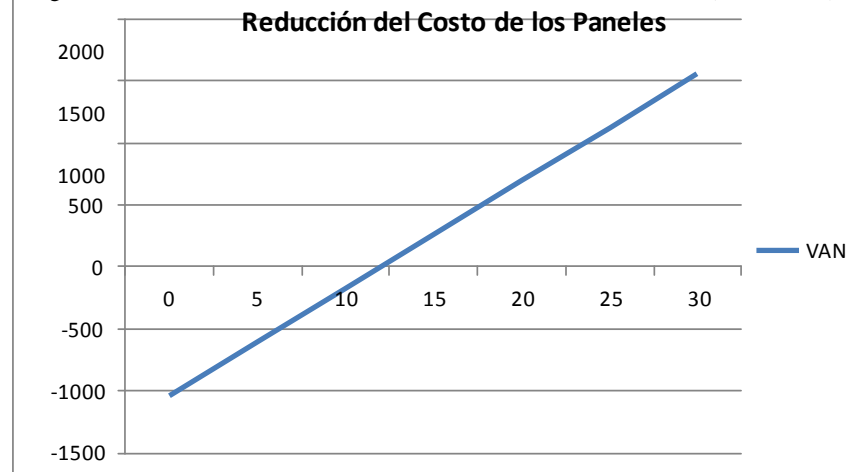


Figura 3: Variación del VAN con la Reducción del Costo de los Paneles FV (Escenario 2)

En las Figuras 4 y 5 podemos observar como varía la tasa interna de retorno ante la reducción del costo de los inversores y de los paneles FV. Para el caso de la reducción del costo de los inversores (Figura 4) se necesitaría una reducción de más de un 30% para que la TIR sea mayor que la tasa de descuento, la cual es de 5%, para que sea rentable realizar la inversión. En el caso de los paneles FV, sucede lo mismo que para el VAN, en donde con solo una reducción del 15% la TIR supera a la tasa de descuento.

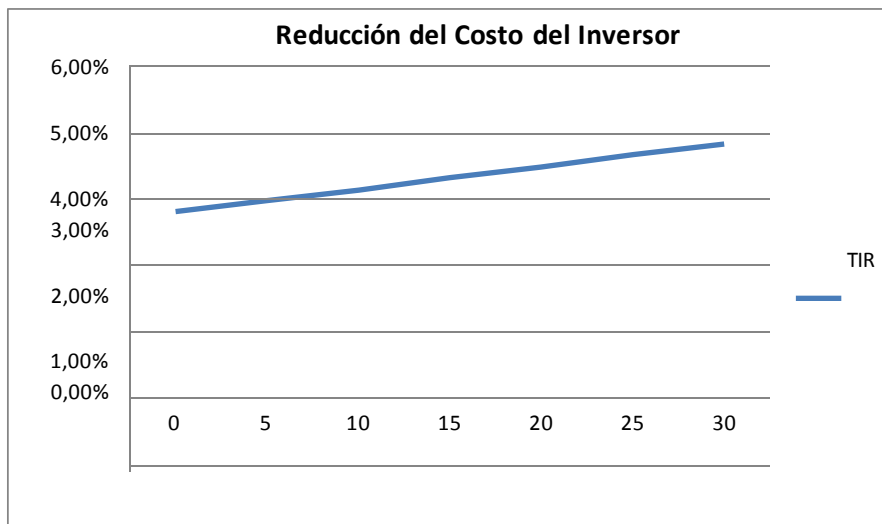


Figura 4: Variación de la TIR ante la reducción del costo del inversor (Escenario 1)

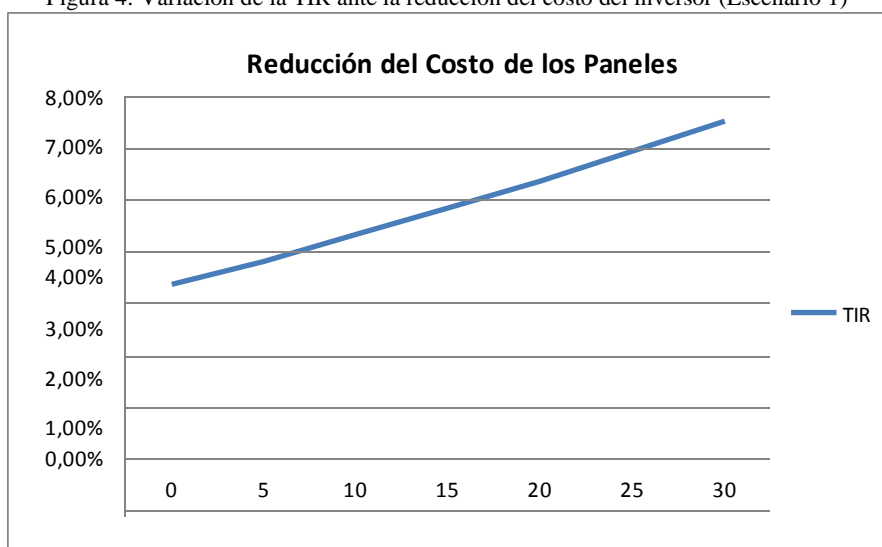


Figura 5: Variación de la TIR ante la reducción del costo de los paneles FV (Escenario 2)

Para el caso del Escenario 3, en la Figura 6 podemos observar como varia el valor del VAN ante un aumento del precio de la prima hasta un 100%. Para el caso base con una prima de 0,183 U\$\$, que es el valor establecido en la Ley 26.190, resulta un valor actual neto negativo, lo cual nos dice que la inversión no es rentable. Podemos observar que para un aumento del 10% el VAN es igual a cero, momento a partir del cual el inversor obtendría un beneficio al realizar dicha inversión.

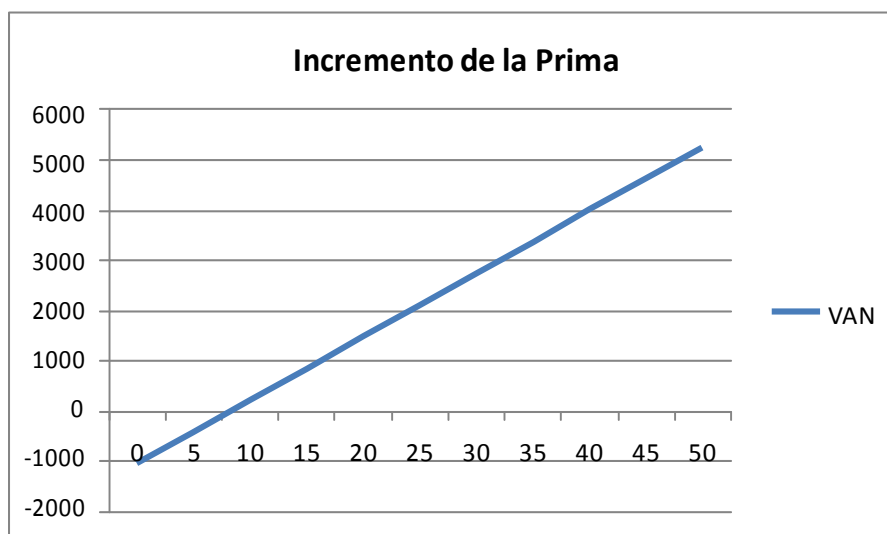


Figura 6: Variación del VAN ante el incremento del precio de la prima (Escenario 3)

Para el caso de un aumento del precio de la red (Escenario 4), Figura 7, se observa que para tener un VAN igual a cero y de esa forma que la inversión sea rentable, el aumento del precio de la red tendría que ser mayor a un 50%, lo cual es muy factible que suceda ya que este precio depende del precio de generación de la energía convencional y este a su vez depende del precio de los combustibles los cuales en los últimos tiempos se han incrementado notablemente y se prevé que este comportamiento se repita en el futuro.

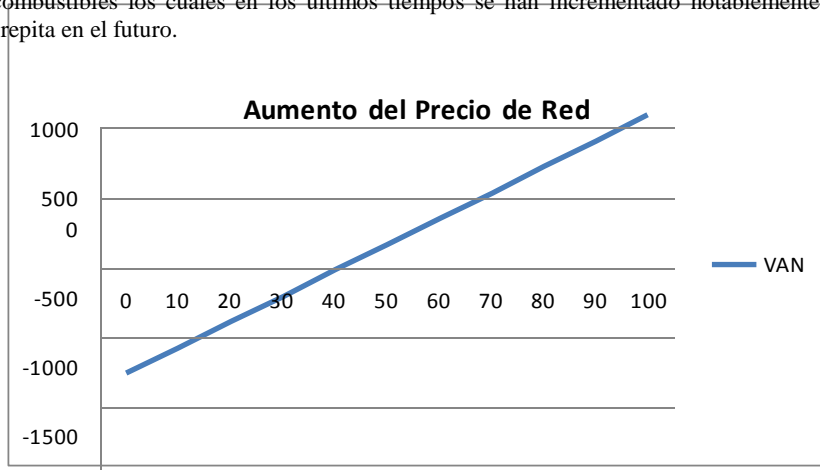


Figura 7: Variación del VAN ante el incremento del precio de red (Escenario 4)

Al evaluar la TIR para el caso del aumento del valor de la prima y del precio de red, sucede el mismo efecto que para el caso del VAN, en donde con solo un aumento del 10% del valor de la prima se alcanza una TIR igual a la tasa de descuento. Mientras que para que la tasa interna de retorno sea igual al 5% el precio de red se tendría que incrementar en más de un 50%. Esto se observa en las Figuras 8 y 9. Tanto en el caso del VAN como en el de la TIR se puede ver el mismo comportamiento creciente lineal que en el caso anterior a medida que se incrementa el valor de la prima y del precio de red.

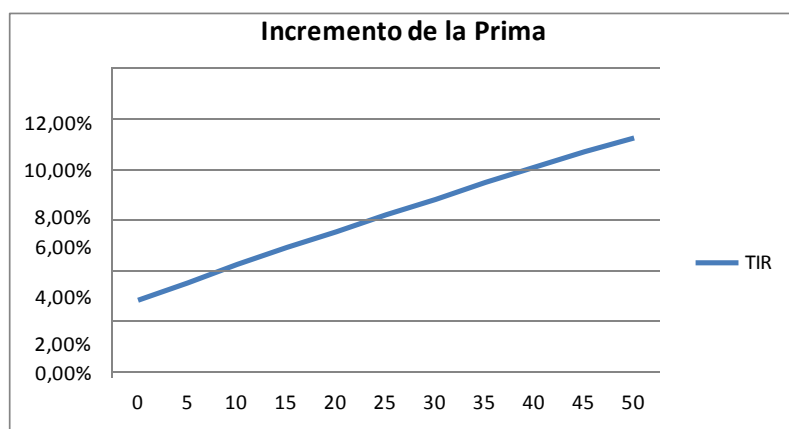


Figura 8: Variación de la TIR ante el incremento del precio de la prima (Escenario 3)

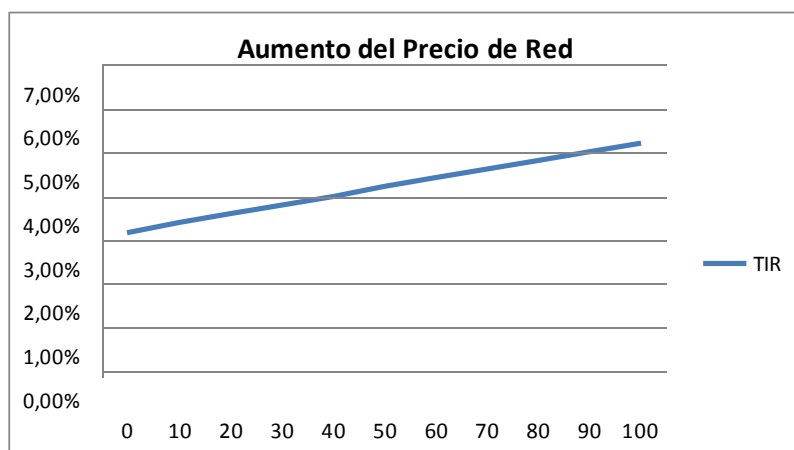


Figura 9: Variación de la TIR ante el incremento del precio de red (Escenario 4)

Otro análisis que se realizó en este trabajo fue evaluar un subsidio a la inversión inicial por parte del gobierno para incentivar la instalación de este tipo de sistemas en las viviendas residenciales. En la Tabla 4 se pueden observar los componentes de estas instalaciones junto con los costos de cada uno de ellos y la inversión inicial necesaria para una instalación de 3 kWp.

Inversión Inicial	
Descripción	Costo (U\$S)
Inversor SB 3800	2241,24
Paneles Fotovoltaicos (295 W/panel)	6300
Costo de Instalación	325,2
Estructura Soporte	1967,48
Materiales Eléctricos	223,58
Sunny Bean BEAM-BT-11	214,13
<b>Inversión Total</b>	<b>11.271,63</b>

Tabla 4: Inversión Inicial

En este análisis se determinó que para obtener un valor actual neto igual a cero el subsidio debía ser de alrededor un 10% del valor de la inversión inicial, es decir, se debería subsidiar aproximadamente 1.127 U\$S. En la Figura 10 se observa como varía el VAN a medida que se incrementa el nivel del subsidio hasta un 100% de la inversión inicial total.

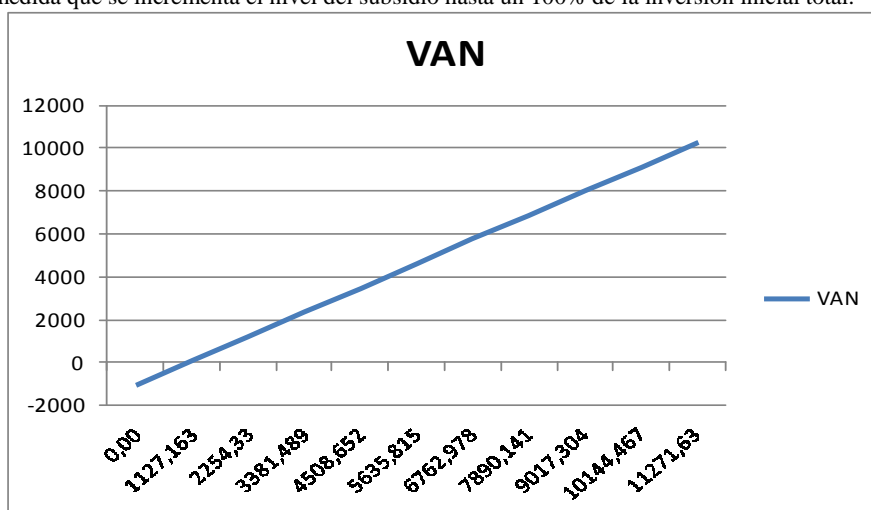


Figura 10: Variación del VAN ante el Incremento del Subsidio a la Inversión Inicial (Escenario 5)

## CONCLUSIONES

En este trabajo se ha logrado realizar un análisis de las distintas variables que influyen en la evaluación económica de la instalación de sistemas fotovoltaicos a nivel residencial, utilizando datos de sistemas FV reales conectados a la red de distribución, de manera de identificar aquellas que tienen mayor influencia sobre la decisión del inversor. Este análisis puede servir a Usuarios del sistema para tomar decisiones correctas de inversión y a entes gubernamentales para generar los incentivos necesarios para introducir este tipo de tecnologías en la red de distribución.

Una de las conclusiones más importantes que se desprende de los análisis realizados es que existe una importante variabilidad en los resultados del VAN al modificarse los valores del costo de inversión de los paneles y el valor de la prima. Por lo tanto estas variables deben ser observadas atentamente por inversores y entes gubernamentales ya que influyen notoriamente en la rentabilidad de la inversión. Como puede observarse en los análisis realizados, la prima establecida por la Ley Nacional 26.190 no es suficiente para que el inversor obtenga una ganancia con este tipo de instalaciones, debido a que para dicha prima el VAN es negativo y la TIR es menor a la tasa de descuento. Es por esto que una medida para impulsar la energía renovable por parte del gobierno podría ser por ejemplo incrementar el valor de esta prima aproximadamente en un 10%, es decir desde 0,183 U\$S a 0,201 U\$S, valor para el cual el VAN se hace mayor que cero y la TIR supera a la tasa de descuento. De esta forma la inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad mínima exigida.

Otro de los mecanismos que el gobierno podría implementar para fomentar la instalación de sistemas fotovoltaicos en viviendas residenciales, sería otorgar un subsidio a la inversión inicial a aquellos usuarios interesados de tal manera de mejorar la rentabilidad de este tipo de sistemas. Como se vio en los análisis anteriores este subsidio debería ser de un 10% del valor de la inversión inicial, valor para el cual el VAN se hace igual a cero y la TIR igual a la tasa de descuento. En este punto el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida, la decisión debería basarse en otros criterios, como por ejemplo en la preservación del medio ambiente ya que se reducirían las emisiones de CO2 provenientes de la generación convencional.



A medida que la tecnología de fabricación tanto de los paneles FV como de los inversores se vaya desarrollando, los costos de estos componentes del sistema se van a reducir notablemente, lo cual va a hacer más rentable este tipo de inversiones ya que el usuario que cuente con estos sistemas además de ahorrar en energía consumida de la red va a poder vender energía a la misma en los momentos en los cuales su instalación este generando mas de lo que se esta consumiendo. En la provincia de San Juan se ha licitado la construcción de una planta de paneles FV, esto va a posibilitar en el futuro una mayor posibilidad de compra de este componente, lo cual en la actualidad no sucede ya que son muy costosos debido a que provienen del exterior y su valor esta establecido en dólares.

## REFERENCIAS

- Del Carpio-Huayllas T.E., Ramos D.S., Vasquez-Arnez R.L (2012). "Feed-in and net metering tariffs: An assessment for their application on microgrid systems". Transmission and Distribution: Latin America Conference and Exposition (T&D-LA).
- Doña V.M. (2012). "Proyecto de Ley de Fomento de Energías Renovables en San Juan".
- EPIA - European Photovoltaic Industry Association (2007). "Supporting Solar Photovoltaic Electricity, an Argument for Feed-in-Tariffs".
- Facchini M.L, Doña V.M. y Morán F.A. (2010). "Valoración técnica y económica del impacto de penetración de generación distribuida a través de energía solar fotovoltaica", CIDEL – Argentina.
- Kyoung-Kuk K., Chi-Guhn L. (2012). "Evaluation and optimization of feed-in tariffs". Energy Policy 49.
- Marsden, J. (2012). "Distributed Generation Systems: A New Paradigm for Sustainable Energy". Green Technologies Conference (IEEE-Green), IEEE.
- Morán F.A., Facchini M.L., Pontoriero D.H., Doña V.M. (2009). "Inserción de Generación Distribuida a Través de Instalaciones Fotovoltaica Domiciliaria ajustada a la Curva Típicas de Demanda Residencial" ASADES 2009 – Revista AVERMA.
- Norma Internacional IEC 61724 (1998). "Monitorización de sistemas fotovoltaicos - Guías para la medida, el intercambio de datos y el análisis". Primera edición.
- Pontoriero D.H., Facchini M.L. (2012). "Informe de avance PICTO-2009: Inserción de Energía Solar Fotovoltaica conectada a red como Generación Distribuida en el Sector Residencial de la Provincia de San Juan: Instalación Piloto, Ensayos, Mediciones y Formulación de Procedimientos Técnicos-Administrativos", IEE - UNSJ.
- Pontoriero D.H., Facchini M.L., Serrano Mora J.M., Baron G.D., Hoese L.I. (2013). "Evaluación Técnica de Sistemas de Generación Fotovoltaica Conectada a Redes de Distribución". XV Encuentro Regional Ibero-Americano del CIGRE – Brasil.
- Sarasa-Maestro C.J., Dufo-López R., Bernal-Agustín J.L (2013). "Photovoltaic remuneration policies in the European Union". Energy Policy 55.
- Sulaiman S. I., Abdul Rahman T. K., Musirin I.I, Shaari S., Sopian K. (2012). "An intelligent method for sizing optimization in grid-connected photovoltaic system" Solar Energy. pp 2067-2082.

## ABSTRACT

This paper presents an economic evaluation of a home and grid connected photovoltaic (PV) system. Considering different scenarios such as residential energy price, investment cost, price of the premium, etc; different economic assessments and a sensitivity analysis are carried out in order to determine the most influential variables with further to make a viable investment for PV systems. The data for forecasts arise from three residential grid connected PV systems of the Caucete utility (DECSA) from San Juan Province in Argentina. These test systems are intended to perform a series of measurements with experimental tests. For our study case only an actual measurement data from one of these residential connected PV systems were used.

**Keywords:** Distributed Generation, Solar Energy, Photovoltaic Systems, Incentives Solar Energy, Feed In Tariff.