

BALANCE ENERGÉTICO DEL COMPORTAMIENTO DE UN SISTEMA FOTVOLTAICO INSTALADO EN UNA VIVIENDA RESIDENCIAL CONECTADO A LA RED ELÉCTRICA DE DISTRIBUCIÓN

F. A. Morán¹, M. L. Facchini¹, D. H. Pontoriero¹, V. M. Doña², A. G. Galvan³.

¹ Instituto de Energía Eléctrica (IEE) – Universidad Nacional de San Juan, Argentina.
Av. Libertador San Martín 1109 (Oeste), CP 5400 San Juan, Argentina.

² Energía Provincial Sociedad del Estado (EPSE)

³ Distribuidora Eléctrica de Caucete S.A. (DECSA) Diagonal Sarmiento 259 – CP 5442 Caucete, San Juan, Argentina
e-mail: fmoran@iee.unsj.edu.ar, facchini@iee.unsj.edu.ar, dpontori@iee.unsj.edu.ar, vdona@epsesanjuan.com.ar, galveck@gmail.com

Recibido: 15-08-13; Aceptado: 30-9-13.

RESUMEN.- En la Provincia de San Juan el Gobierno Provincial viene desarrollando el Proyecto Solar San Juan que pretende fundar las bases para el crecimiento de la tecnología fotovoltaica en todos sus tópicos, desde la producción del silicio grado solar, la fabricación de módulos fotovoltaicos y la inserción en el Sector Residencial, Comercial, Industrial, Bombeo de Agua y en el montaje de Centrales de Generación de Energía Solar Fotovoltaica. En este trabajo se presentan los avances realizados y resultados preliminares obtenidos en el desempeño del comportamiento del sistema fotovoltaico instalado en una vivienda del sector residencial del departamento de Caucete, Provincia de San Juan. Se presenta inicialmente la configuración del sistema fotovoltaico; punto de conexión, estructuras soportes, equipamiento y componentes del sistema fotovoltaico. Por último se presentan los resultados preliminares en cuanto al comportamiento eléctrico del sistema fotovoltaico y el balance energético del conjunto sistema fotovoltaico, consumo de la vivienda y red eléctrica.

Palabras claves: Generación Distribuida, Generación Fotovoltaica, Conexión a Red, Desempeño del Sistema, Balance Energético.

ENERGETIC BALANCE OF THE PHOTOVOLTAIC SYSTEM BEHAVIOR INSTALLED AT A RESIDENTIAL DWELLING CONNECTED TO THE ELECTRIC DISTRIBUTION NETWORK

ABSTRACT.- The project known as San Juan Solar Project is being carried out by the Provincial Government with the aim of providing the basis for the development of every aspect related with photovoltaic (PV) technology, from the production of solar grade silicon, the manufacture of photovoltaic modules with their respective application in the Residential, Commercial and Industrial Sector, Water Pumping and the assembly of Solar Energy Power Plants. The progress achieved and the preliminary results obtained from the performance of the PV system installed at a dwelling in the residential sector of Caucete Department, San Juan Province are presented in this work. First, the PV system configuration, point of connection, support structures, PV system equipment and components are described. At last, those preliminary results related with the electrical performance of the PV system and the energetic balance of the set of PV system, dwelling consumption and the electric network, are included.

Keywords: Distributed Generation, Photovoltaic Generation, Network Connection, System Performance and Energetic Balance.

1. INTRODUCCIÓN

La Provincia de San Juan viene implementando políticas en el desarrollo y construcción de centrales de energía en base a recursos renovables como el agua, el viento, el sol, y el uso de vapores endógenos. Entre ellas, se ha comenzado a impulsar con mucho interés y decisión, el

aprovechamiento de la Energía Solar.

La Provincia de San Juan tiene todas las posibilidades, condiciones climáticas, geográficas y de disponibilidad de recursos para que este uso de la energía pueda explotarse masivamente. Es por ello que se viene gestando y desarrollando desde el 2008, por iniciativa del Gobierno

Provincial y con el apoyo del Gobierno Nacional, el Proyecto Solar San Juan (Doña et al., 2008) que pretende fundar las bases para el crecimiento de la tecnología fotovoltaica (FV). En la Figura 1 se muestra un esquema general de las Etapas con que cuenta el Proyecto Solar San

Juan. La idea es en el Mediano Plazo, ir construyendo la cadena de Valor Agregado completa comenzando desde los extremos.

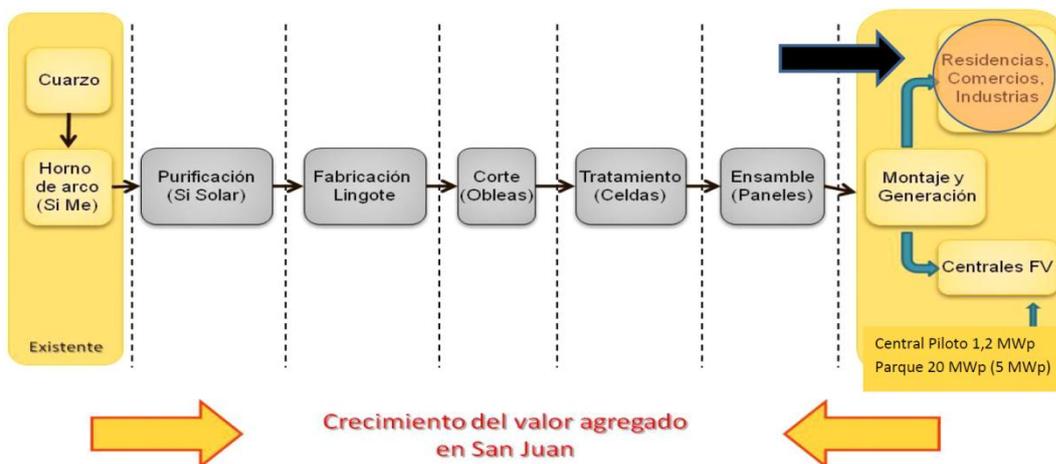


Fig. 1: Etapas Generales del Proyecto Solar San Juan de Mediano Plazo.

Con respecto a la generación de energía mediante centrales FV el Gobierno Provincial construyó y opera una Central Piloto de 1,2 MWp y mediante el programa GENREN se está construyendo una central de 20 MWp, de los cuales 7 MWp se encuentran en operación, ambas reconocidas como agentes del mercado eléctrico. Una etapa complementaria es investigar y avanzar en la instalación de paneles FV en el sector residencial, comercial e industrial a modo de generación distribuida (GD) en la red perteneciente a una empresa distribuidora. Esta etapa se encuentra en desarrollo por el Instituto de Energía Eléctrica (IEE) y en el presente trabajo se muestran resultados iniciales de la interacción entre el Sistema FV, Red Eléctrica de Distribución y el Consumo de la Vivienda.

En el marco del Proyecto Solar San Juan, el Instituto de Energía Eléctrica (IEE) de la Universidad Nacional de San Juan (UNSJ) ejecuta actualmente en cooperación con la empresa Distribuidora Eléctrica de Caucete S.A. (DECSA), el proyecto denominado "Inserción de Energía Solar Fotovoltaica Conectada a Red como Generación Distribuida en el Sector Residencial: Instalación Piloto, Ensayos, Mediciones y Formulación de Procedimientos Técnicos-Administrativos". En el marco de este Proyecto se han instalado cinco sistemas de generación FV con potencia entre 1.6 kWp y 4 kWp en los sectores residencial, organismos gubernamentales y comercial y está financiado por el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCYT), la UNSJ y la Dirección de Recursos Energéticos del Ministerio de Infraestructura y Tecnología del Gobierno de la Provincia de San Juan, actuando como Ente Coordinador la Fundación Universidad Nacional de San Juan –FUUNSAJ – (Facchini et al., 2010).

Se presenta el diseño e instalación realizada del sistema FV en la superficie del techo de una de las viviendas incluidas en el proyecto, el equipamiento instalado y por último se muestran los resultados preliminares obtenidos de la interacción entre el Sistema FV y la Red Eléctrica de

Distribución a los fines de generar elementos base para la futura regulación del funcionamiento conjunto de los mismos.

2. DISEÑO DE LA INSTALACION FOTOVOLTAICA EN CONVIVENCIA CON LA INSTALACION YA EXISTENTE

Se realizó un análisis del principio de funcionamiento de los Sistemas FV Conectados a la Red (SFVR) en las viviendas del sector residencial, donde se combinan las características de generador y consumidor de energía, con el consiguiente intercambio energético entre la vivienda y la red eléctrica: el SFVR vierte energía a la red eléctrica perteneciente a la empresa distribuidora cuando la energía generada por el sistema FV supera al consumo que posee el usuario en un determinado instante y extrae energía de ella en caso contrario.

Para tal fin se analizaron las condiciones de funcionamiento de los distintos componentes, curvas de carga de usuarios típicos residenciales, curvas de radiación solar medias anuales y por estación en la provincia a partir de series históricas de 10 años relevadas en la zona y de forma analítica, su interacción con la red eléctrica de distribución (Moran et al., 2010). Luego, y a partir de la información relevada se realizaron simulaciones computacionales a través de software específico para el dimensionamiento del sistema FV, energía estimada a generar y sus rendimientos.

Se plantearon y analizaron dos modalidades de conexión del sistema FV a la red eléctrica (Figura 2) (Pontoriero et al., 2013). En el caso a) la energía generada es entregada a las cargas de la vivienda y solo el excedente de energía es inyectado a la red eléctrica. Este tipo de conexión requiere la utilización de un solo medidor de energía bidireccional, donde la energía puede fluir a través del medidor en cualquier dirección. Cuando el sistema FV está produciendo más energía de la que el usuario necesita para el consumo de su vivienda, se vierte el excedente de energía

a la red eléctrica, girando el medidor de energía en sentido saliente de la vivienda. En otras ocasiones, es posible que necesite obtener energía adicional de la red de suministro eléctrico, haciendo que el giro del medidor de energía sea entrante a la vivienda. La medición neta registra la diferencia entre la energía consumida por el usuario y la generada por el sistema FV.

En el caso b) el usuario vierte directamente toda la energía generada a la red eléctrica, teniendo como característica que el usuario propietario del SFCR sigue abasteciendo su

consumo de energía comprándose a la empresa distribuidora al precio que se rige por la tarifa convencional. Así también la totalidad de la energía generada por el sistema FV es vendida a la empresa distribuidora a una tarifa preferencial establecida para el pago de la generación. Para esta configuración del sistema FV se requiere de dos medidores unidireccionales de energía, uno para el registro de la energía consumida por el usuario y otro para la energía generada por el sistema FV e ingresada a la red.

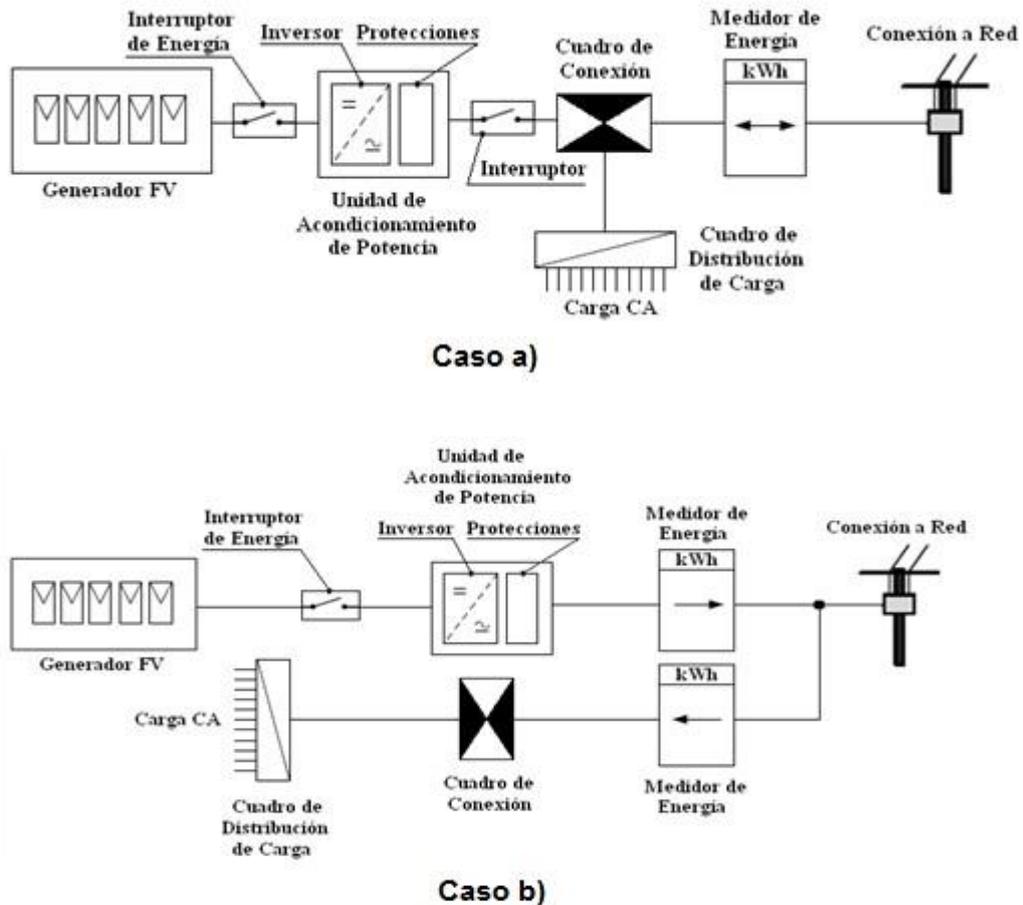


Fig. 2: Modalidades de Conexión del Sistema FV con la Red Eléctrica de Distribución.

La selección de la vivienda se realizó en conjunto con la empresa distribuidora DECSA, a los fines de definir los criterios técnicos que debían tener las viviendas (consumo por vivienda, orientación, características constructivas, interferencia de elementos ajenos que puedan producir sombras, etc.), definiéndose que las viviendas seleccionadas debían encuadrar en tarifas distintas (Tarifa T1 – Sector Residencial – R1, R2 y R3). Esto permite analizar sistemas FV con distintas potencias a instalar en viviendas con diferentes características de consumo (curvas de carga) y su interacción con la red eléctrica ante distintas combinaciones de generación y demanda. En el presente trabajo se presentan la instalación realizada en la vivienda con Tarifa T1-R2 (consumo > a 220 y < a 580 kWh/bim) y con una potencia instalada FV de 2,65 kWp.

El sistema FV analizado se encuentra en el departamento de

Caucete, ubicado en el centro sur de la provincia y al este de la ciudad de San Juan, aproximadamente a 28 km de la capital de la provincia y ubicada a unos 570 m sobre el nivel del mar y con las consiguientes coordenadas geográficas: Latitud 31° 39' 6" S y Longitud 68° 16' 51" W.

La vivienda seleccionada tiene como característica que la superficie del techo se compone de dos áreas con distintos ángulos de inclinación. Dicha característica llevó a diseñar las estructuras contemplando el ángulo de inclinación del techo inclinado (Inclinación del Techo 20°) y una separación adecuada para facilitar el mantenimiento de los paneles solares. En la Figura 3 se ilustra el diseño de las estructuras soportes con un ángulo de inclinación de 30° y una perspectiva de la superficie disponible en el techo de la vivienda.

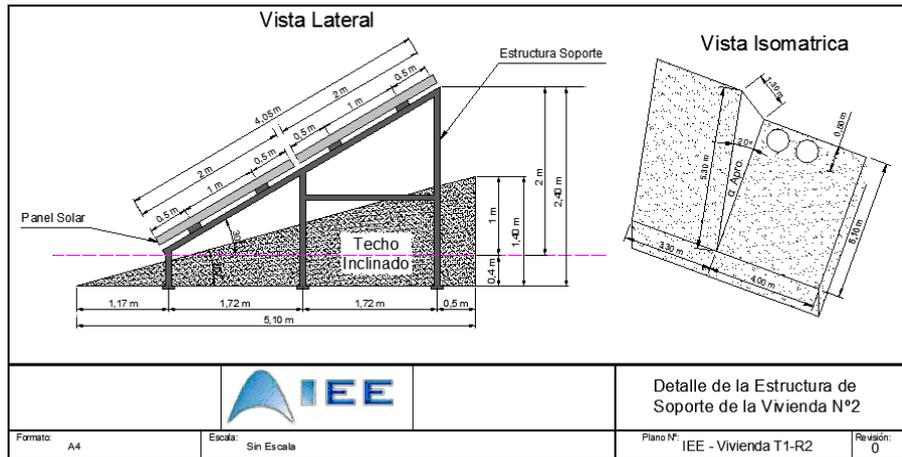


Fig. 3: Diseño de la Estructura de Soporte de los Paneles Solares

3. EQUIPAMIENTO Y COMPONENTES DE LA INSTALACION FV

3.1. Panel Solar Fotovoltaico Instalado.

Para la elección de los paneles FV se tuvieron en cuenta varias consideraciones previas, tales como Tecnología a Utilizar, Características de Diseño y Presupuesto disponible. Se seleccionaron e instalaron 9 paneles FV de la Marca Hanwha SolarOne (Qidong) Modelo SF260-36-1 P295*L, de tecnología Policristalina con una potencia de 295 Wp por módulo FV. En la Tabla 1 se presentan sus principales parámetros característicos.

Tabla 1: Características Eléctricas del Panel Solar Instalado en la Vivienda

Policristalino - Marca: Hanwha SolarOne (Qidong)		
Características	Unidades	Valor
Características Eléctricas en CEM		
Potencia Nominal	Wp	295
Tolerancia de Potencia Nominal	%	± 3
Corriente de Cortocircuito (Isc)	A	8,55
Corriente de Punto de MPP (Impp)	A	8,11
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	V	44,9
Tensión de Punto de MPP (Vmpp)	V	36,4
Coefficiente de Temperatura de Tensión	% V/°C	-0,32
Coefficiente de Temperatura de Corriente	% A/°C	0,04
Coefficiente de Temperatura de Potencia	% W/°C	-0,45
Eficiencia del Módulo	%	15,2
Eficiencia de la Celda	%	17,1

3.2. Inversor Convertidor de Corriente Continua a Corriente Alterna.

Para la elección del inversor se consideraron los requerimientos técnicos definidos por la configuración seleccionada de los paneles solares. Para ello se simularon y calcularon las tensiones y corrientes máximas y mínimas que podrían tenerse a la salida del generador FV, teniendo en cuenta tanto el funcionamiento normal de los paneles a la hora de entregar la máxima potencia, como cuando están sometidos a condiciones de temperaturas extremas distintas a las establecidas en las Condiciones Estándar de Medida (CEM).

Para el criterio de selección se tuvieron en cuenta los siguientes puntos a destacar:

- El rango de tensiones en que el inversor puede trabajar oscila entre 188 y 440 V para el funcionamiento en el punto de máxima potencia y como valor máximo de tensión en CC de 550 V.
- La corriente máxima de entrada al inversor es de 17 A, siendo el valor superior a la máxima

corriente proporcionada por los paneles solares de Isc (75°C) = 10.40 A, que será la producida en las condiciones de cortocircuito a una temperatura de celda de 75° C.

En función de los criterios mencionados, se seleccionó e instaló el inversor de la Marca SMA de origen Alemán, Modelo Sunny Boy 3000 TL (Figura 4). En la Tabla 2 se muestran las características eléctricas del inversor seleccionado

Tabla 2: Características Eléctricas del Inversor.

Características Eléctricas del Inversor	
Entrada (CC)	Sunny Boy 3000 TL
Potencia máx. de CC	3200 W
Tensión máx. de CC	550 V
Rango de Tensión MPP	188 - 440 V
Tensión Nominal de CC	400 V
Tensión de CC min./tensión inicial	125 [V] / 150 V
Corriente máx. de entrada	17 A
Salida (CA)	
Potencia Nominal de CA	3000 W
Potencia Aparente de CA máxima	3000 VA
Tensión Nominal de CA; rango	180 - 280 V
Frecuencia de Red de CA	50, 60 Hz ± 5
Corriente máx. de salida	16 A
Factor de Potencia	1
Rendimiento	
Rendimiento Max.	97,0 %

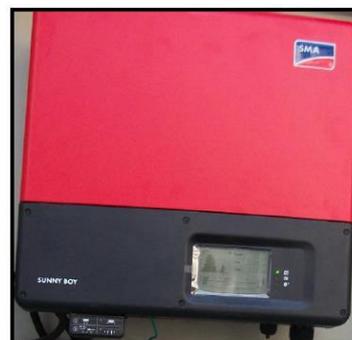


Fig. 4: Inversor Sunny Boy 3000 TL. Marca SMA

3.3. Equipamiento de Monitoreo de la Instalación.

El monitoreo de las variables eléctricas se realiza con un sistema de adquisición de datos, modelo Sunny Beam de la Marca SMA, permitiendo monitorear la instalación durante las 24 horas del día. En su pantalla gráfica se muestran los

datos más importantes en forma instantánea: perfil diario de generación, potencia actual y rendimiento energético diario y total. A su vez permite un almacenamiento de los registros de los últimos 90 días y almacena eventos detallados por tipo y el momento de ocurrencia (últimos 25 eventos). En la Figura 5 se presentan imágenes de registros

del Sunny Beam, donde se remarcan los valores de potencia instantánea, energía diaria, energía acumulada y cantidad de ahorro de dióxido de carbono (CO₂) emitidos diarios y acumulados.

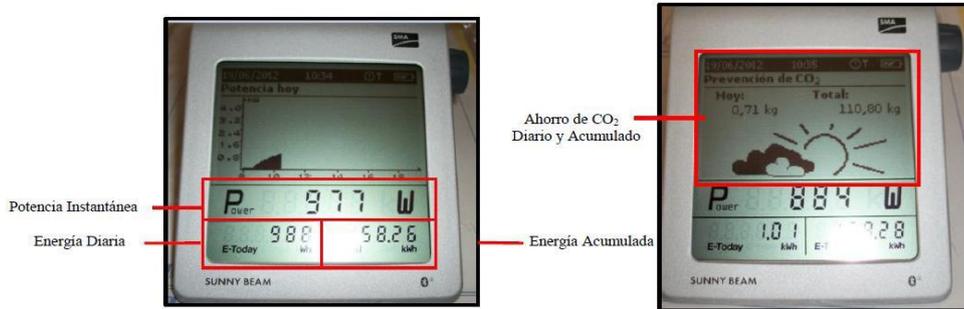


Fig.5: Sunny Beam Registrando Valores de la Instalación FV.

Además para el monitoreo atmosférico y climático se instaló en la sede de DECSA, cercana a la vivienda analizada, una Estación Meteorológica Marca DAVIS tipo VANTAGE con sensor de velocidad y dirección de viento, sensor de radiación solar, sensor de temperatura ambiente y humedad ambiente y sensor de presión atmosférica. La Estación Meteorológica permitió registrar datos cada 15 min. de todas las variables, lo que permitió realizar un análisis de relación de los parámetros ambientales con los parámetros eléctricos medidos. En la Figura 6 se presenta una fotografía de la estación meteorológica instalada en la sede de DECSA.



Fig. 6: Estación Meteorológica instalada en la sede de DECSA. Instalación Fotovoltaica Realizada en la Vivienda

La instalación del sistema FV prototipo quedó finalizada en Octubre de 2012, comenzándose con las mediciones el 26 de dicho mes. La instalación se encuentra en funcionamiento y recopilándose la información correspondiente hasta el día de la fecha. En la Figura 7 se muestran algunas fotos de la instalación completa.



Vista de Frente



Vista del Techo



Vista Instalación de Interior

Fig. 7: Instalación FV en la Vivienda Seleccionada

4. RESULTADOS PRELIMINARES DE LA INSTALACION FV

Para la evaluación del funcionamiento del sistema FV se requiere vincular los parámetros eléctricos con los parámetros ambientales y climáticos, ya que están íntimamente relacionados con el comportamiento eléctrico de los módulos.

Desde el punto de vista eléctrico, uno de los parámetros que toma mayor importancia en un sistema FV es la energía total generada a la salida del inversor, ya sea que se entrega a la carga (vivienda) o que inyecte a la red eléctrica.

En la Figura 8 se observa la curva de generación FV para el caso de un día soleado (Caso a) y para el caso de un día semi-nublado (Caso b).

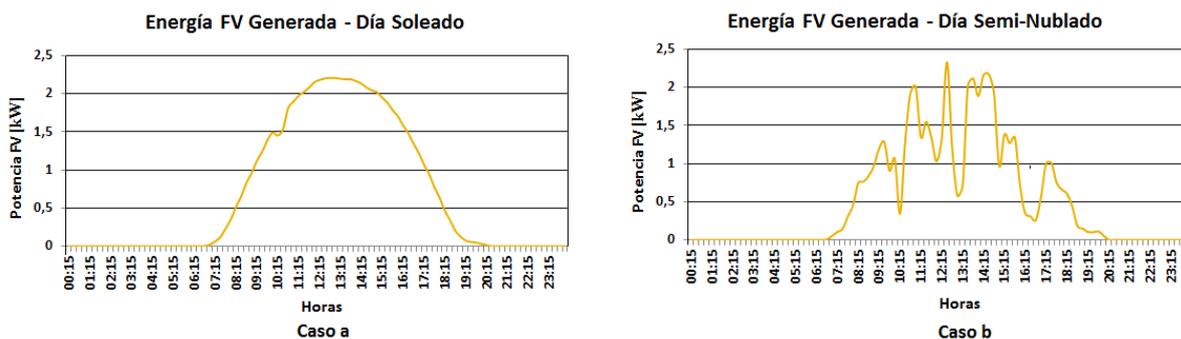


Fig. 8: Energía Generada FV para el caso de Día Soleado y Semi-Nublado.



Fig. 9: Energía Generada por el sistema FV para el mes de Noviembre del 2012

En la Figura 9 se puede observar la energía generada diaria para el mes de Noviembre. Se aprecia que la generación diaria es muy variable, ya que depende fundamentalmente de la radiación incidente sobre el campo FV, además de otros factores atmosféricos. Asimismo la energía generada mensualmente depende de la estación del año (Verano, Otoño, Invierno y Primavera), de modo que va aumentando la energía generada a medida que aumenta la

radiación solar. En la Figura 10 se observa la energía generada por el sistema FV mensualmente durante el transcurso del periodo analizado, teniendo en cuenta que en el mes de Octubre de 2012 generó solo 6 días del mes por su puesta en funcionamiento y en el mes de Julio de 2013 se registraron valores hasta el día 24 para ser incluidos en este trabajo.

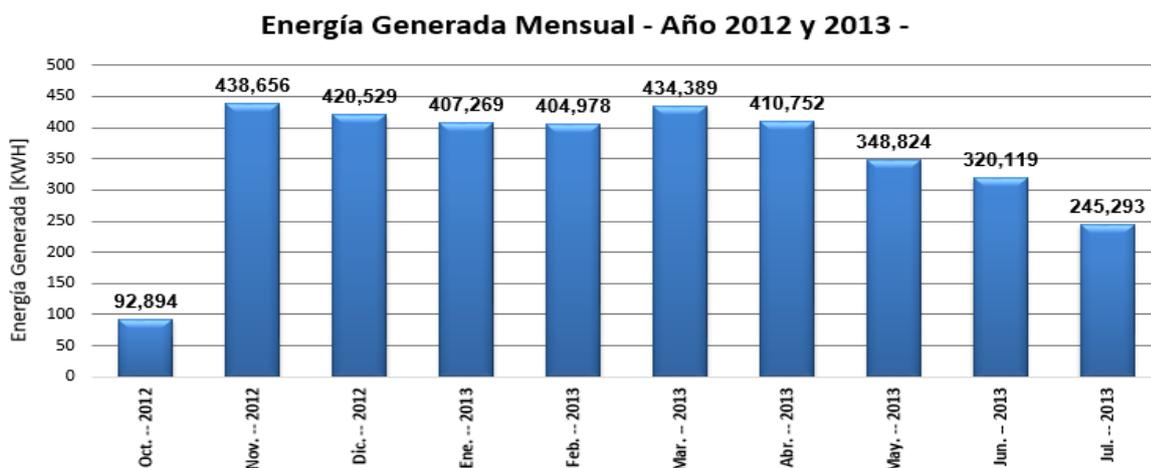
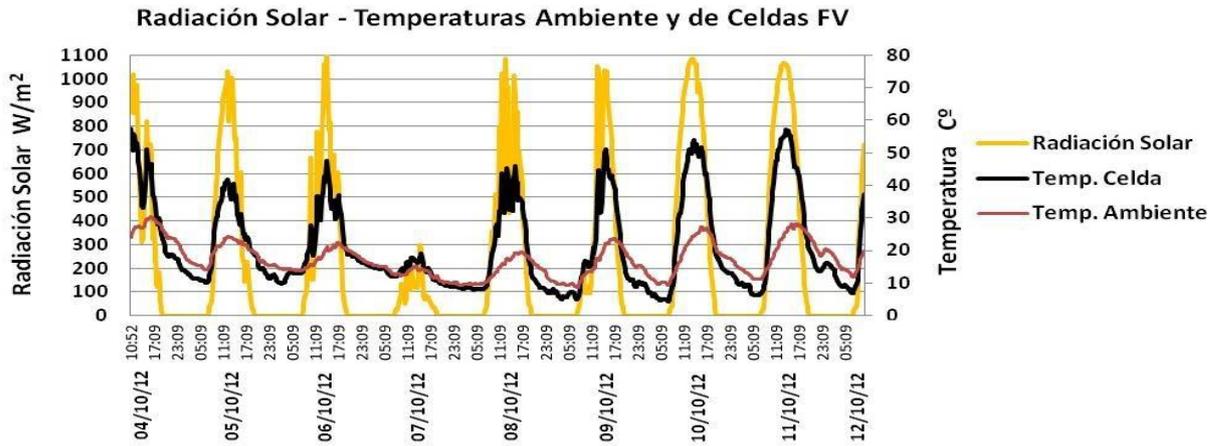


Fig. 10: Energía Generada por el sistema FV en forma mensual – Año 2012 y 2013.

Otra variable que incide en el valor final de la energía generada es la temperatura de celda de los módulos, de modo que a medida que aumenta esta temperatura disminuye la energía generada. En la provincia de San Juan, donde la temperatura ambiente suele ser elevada y la radiación

incidente es también muy alta, la temperatura de celdas también alcanza valores muy importantes. En la Figura 11 se puede observar el efecto del aumento de la temperatura de celda por efecto de la radiación y la temperatura ambiente.



. 11: Efecto del Aumento de la Temperatura de Celda por Efecto de la Radiación.

El efecto de altas temperaturas en las celdas reduce el rendimiento de los módulos de modo que la generación eléctrica del sistema se ve disminuida. La influencia en la generación eléctrica por efecto de la temperatura puede llegar a superar el 10% de pérdida de energía, por lo tanto es un factor que debe ser considerado.

4.1. Distribución de Energía.

Se realiza el análisis del comportamiento del sistema en cuanto a la energía que entrega a la vivienda y la energía que entrega a la red eléctrica de distribución. Este

comportamiento se puede apreciar a través de las curvas de carga y generación de la Figura 12.

En la Tabla 3 se muestra el balance energético resultante para los meses en funcionamiento del Sistema FV en convivencia con el consumo de la vivienda; se tiene en cuenta que se comenzó a registrar el 8 de Noviembre y se presentan valores hasta el 27 de Junio del 2013.

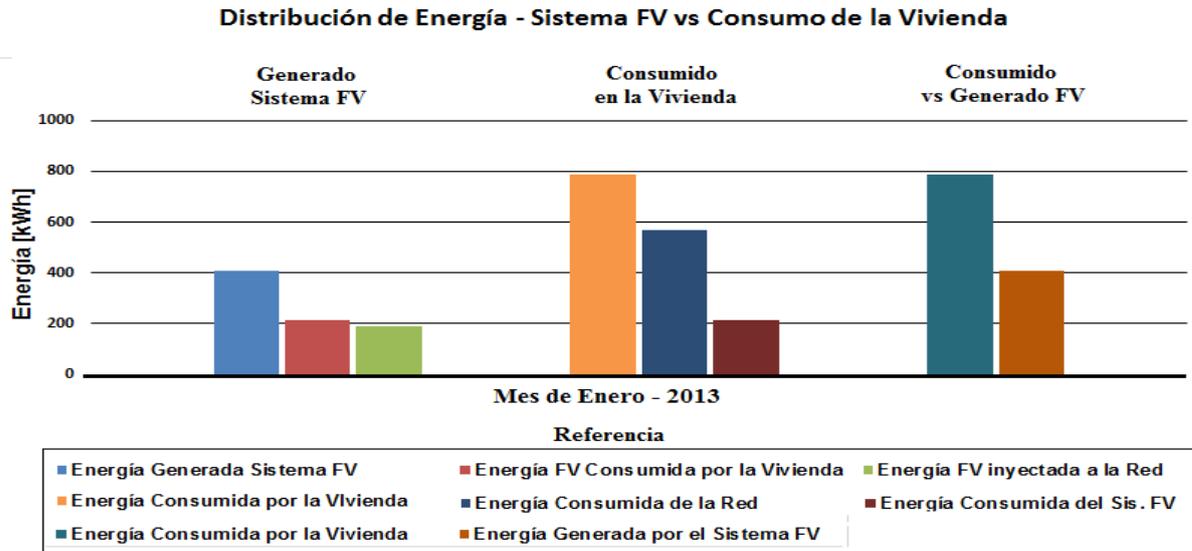


Fig. 12: Distribución de Energía entre el Sistema FV, el Consumo de la Vivienda y la Red de Distribución.

Tabla 3: Balance Energético para los meses de funcionamiento del sistema FV instalado en la Vivienda – Tarifa T1-R2.

Meses de Funcionamiento	Energía Generada por el Sistema FV		Energía FV Consumida por la Vivienda		Energía FV Inyectada a la Red		Energía Consumida por la Vivienda		Energía Consumida de la Red		Energía Consumida del Sistema FV		Energía Consumida por la Vivienda		Energía Generada por el Sistema FV	
	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%	[kWh]	%
Noviembre del 2012	341,70	100	219,31	64	122,39	36	506,94	100	287,62	57	219,31	43	506,94	100	341,70	67
Diciembre del 2012	420,53	100	245,77	58	174,76	42	913,18	100	667,41	73	245,77	27	913,18	100	420,53	46
Enero del 2013	407,27	100	216,08	53	191,19	47	785,58	100	569,50	72	216,08	28	785,58	100	407,27	52
Febrero del 2013	404,98	100	231,69	57	173,29	43	769,44	100	537,75	70	231,69	30	769,44	100	404,98	53
Marzo del 2013	434,39	100	323,69	75	110,70	25	550,74	100	227,05	41	323,69	59	550,74	100	434,39	79
Abril del 2013	410,75	100	351,04	85	59,71	15	477,39	100	126,35	26	351,04	74	477,39	100	410,75	86
Mayo del 2013	348,82	100	305,35	88	43,47	12	408,60	100	103,25	25	305,35	75	408,60	100	348,82	85
Junio del 2013	281,24	100	236,15	84	45,09	16	315,44	100	79,30	25	236,15	75	315,44	100	281,24	89
Totales	3049,68	100	2129,08	70	920,60	30	4727,29	100	2598,22	55	2129,08	45	4727,30	100	3049,68	65

De la tabla se aprecia que del total consumido por la vivienda un 65 % es abastecido por el sistema FV y el resto de energía (1677,62 kWh - 35 %) es abastecido por la red eléctrica de distribución para la configuración del sistema, con dos medidores unidireccionales de energía (Caso b)).

5.- CONCLUSIONES

En este trabajo se presentan los primeros resultados obtenidos del funcionamiento de un sistema FV de 2,65 kWp instalado en una vivienda en la Provincia de San Juan, conectada a la red eléctrica de distribución, cuyo consumo de energía eléctrica se encuadra en la Tarifa T1-R2 (consumo entre 220 y 580 kWh-bimestre).

El funcionamiento del mismo se analizó por un periodo de aproximadamente 8 meses, entre Noviembre de 2012 y Junio de 2013, ante diversas condiciones climáticas y distintas situaciones de consumo eléctrico de la vivienda.

Se puede concluir que el funcionamiento del sistema FV interactuando con los consumos de la vivienda y la conexión con la red eléctrica es satisfactorio, realizándose un abastecimiento correcto tanto en situaciones en que la generación FV es superior como inferior al consumo propio de la vivienda, absorbiéndose energía de la red o inyectando a la misma, según corresponda y sin introducir perturbaciones al usuario ni a la red.

En cuanto al balance energético se puede apreciar que de la energía total (3049,68 kWh) generada por el sistema FV, en el periodo analizado (Noviembre de 2012 a Junio de 2013), un 30% es inyectado a la red eléctrica y el 70% restante es consumido por la vivienda, siendo el Caso a) presentado. Del consumo total de la vivienda (4727,30 kWh) un 45% es abastecida por el sistema FV y un 55% es consumida desde la red eléctrica (principalmente en horario nocturno). Esto en cuanto al modo de conexión en que la generación del sistema FV en primer término abastece la vivienda y el excedente es inyectado a la red eléctrica de distribución. En la modalidad en la cual la conexión del sistema FV es directa a la red de distribución

el total de la generación (3049,68 kWh) sería inyectado a dicha red (Caso b)).

Este análisis preliminar, extendido a un año completo para tener en cuenta distintos parámetros climáticos (radiación solar a lo largo del año, diversidad de situaciones climáticas) y al resto de las viviendas incluidas en el proyecto (variabilidad de los consumos – estacionalidad), permitirá avanzar en cuanto a definiciones en aspectos regulatorio-administrativos que permitan la inyección de energía a la red de distribución, valorización de la misma, requerimiento de tarifas diferenciales y aspectos técnico-económicos a tener en cuenta en cuanto por los propietarios de viviendas que deseen instalar sistemas FV.

REFERENCIAS

- Doña V.M., T.J. Strada, A. Hoesé (2008). Proyecto Solar San Juan: Objetivos y Etapas. Gobierno de la Provincia de San Juan – Argentina.
- Facchini M.L., Pontoriero D.H., Doña V.M, Gómez W. (2010). Inserción de Energía Solar Fotovoltaica Conectada a Red como Generación Distribuida en el Sector Residencial. 2das Jornadas Nacionales y 1ras Internacionales de Investigación en Organización y Desarrollo Económico. Instituto de Investigación Administrativas y Contables (FACSO -UNSJ), Consejo Profesional de Ciencias Económicas de San Juan y el Foro de Abogado de San Juan – Argentina.
- Morán F.A., Facchini M.L., Pontoriero D.H., Doña V.M. (2009). Inserción de Generación Distribuida a Través de Instalaciones Fotovoltaicas Domiciliarias Ajustadas a las Curvas Típicas de Demanda Residencial. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, **13**, 4.93-4.100.
- Pontoriero D.H., Facchini M., Serrano J., Barón G., Hoesé L. (2013). Evaluación Técnica de Sistemas de Generación Fotovoltaica conectados a Redes de Distribución. Actas del XV ERIAC, Foz de Iguazú, Brasil.