



**Carlos Reina Lebrón**

Ingeniero industrial del ICAI, especialidad eléctrica (2014).



**Pablo Frías Marín**

Doctor ingeniero del ICAI (2008). Trabaja como investigador en el Instituto de Investigación Tecnológica donde es responsable del área de Redes Inteligentes Sostenibles.



**Rafael Cossent Arín**

Doctor ingeniero del ICAI (2013). Trabaja como investigador en el Instituto de Investigación Tecnológica en el área de Redes Inteligentes Sostenibles.

# Impacto de diferentes mecanismos de retribución para la energía solar fotovoltaica

**Palabras clave:** Fotovoltaica, balance neto, autoconsumo, diseño de tarifas, impacto económico.

## Resumen

En el contexto de incertidumbre que actualmente vive la energía fotovoltaica en nuestro país, es relevante estudiar cuáles serían los diferentes modelos retributivos a aplicar para conseguir una financiación estable, que redundará en beneficios para el sistema eléctrico al producir cerca de los consumos y reduciendo las emisiones de CO<sub>2</sub>. En este artículo se evalúa el impacto económico de diferentes mecanismos de retribución a la producción fotovoltaica para diferentes tipos de consumidores y esquemas tarifarios.

**Key words:** Photovoltaic, net metering, self-consumption, tariff design, economic impact.

## Abstract:

*Solar photovoltaic (PV) technology is facing great regulatory uncertainties in Spain nowadays. This context makes it necessary to evaluate what remuneration mechanisms would be most suitable to achieve enough stability to facilitate CO<sub>2</sub> emissions reductions and to support a more distributed electricity production. This paper evaluates the economic impact of different remuneration frameworks for solar PV on different types of consumers and under different retail tariff designs.*

## Introducción

La energía solar fotovoltaica es la única energía renovable que puede presumir de transformar directamente la radiación solar en electricidad. Desde el punto de vista de conexión a la red eléctrica, se pueden distinguir dos tipos de instalaciones: instalación aislada y conectada. Si la instalación está aislada de la red, o se consume la energía generada instantáneamente o, para no desecharla, se almacena en baterías para su posterior utilización. Si se decide conectar la instalación fotovoltaica a la red, la energía generada no consumida de forma instantánea se inyecta en la red eléctrica para que otros consumidores puedan beneficiarse de ella. La discusión en este caso se centra en si existe un derecho de cobro por parte del propietario de la instalación fotovoltaica y, en tal caso, de qué forma retribuir (cómo y cuánto cobrar y pagar). Por ello, es necesario estudiar los modelos de retribución que puedan beneficiar a todas las partes involucradas, tanto sistema eléctrico como propietario de la instalación fotovoltaica.

A principios de 2014, el país europeo con mayor potencia fotovoltaica instalada era Alemania, con aproximadamente 35.600 MW, frente a los 4.679 MW instalados en España. Un dato relevante es que Alemania invirtió en 2012 más que España en toda su historia, instalando, sólo en dicho año, 7.604 MW. Pero las instalaciones que se hacen en Alemania no son los llamados 'huertos fotovoltaicos' (grandes superficies con elevadas potencias fotovoltaicas), sino que se incentivan los pequeños sistemas fotovoltaicos situados en los consumos. Prueba de ello es la existencia de casi 1,4 millones de pequeñas instalaciones fotovoltaicas

cas a finales del año 2012. Siguiendo el ejemplo de Alemania y respaldado por su buen funcionamiento, deben desarrollarse unos modelos de retribución sostenibles a largo plazo cuyo objetivo sea el impulso de la instalación de paneles en los propios consumos.

## Marcos retributivos evaluados

Existen diferentes marcos retributivos para la generación de energía fotovoltaica integrada con consumos, que están siendo aplicados por todo el mundo y con los que se ha realizado el estudio. Se definen a continuación:

- **Feed-In-Tariff (FIT):** en cada instalación, se mide de forma separada el consumo y la generación. El precio de la energía generada es diferente al de la energía consumida, siendo generalmente mayor el precio al que vende la energía el propietario de la instalación que al que la compra.

- **Autoconsumo:** se fundamenta en que la energía consumida instantáneamente proviene en primer lugar de la energía generada y, si ésta no es suficiente para el abastecimiento total del consumo, se consume energía de la red. Por otro lado, cuando la energía generada es mayor que la consumida, se inyecta en la red pero no se obtiene ningún beneficio de ello.

- **Mixto:** se ha definido partiendo del autoconsumo. La única diferencia con éste es que el propietario sí recibe una remuneración económica por la energía excedentaria suministrada a la red.

- **Balance neto:** se suma toda la energía generada y se resta a toda la energía consumida durante un determinado periodo de tiempo. Si se ha consumido más que generado se debe pagar esa diferencia, mientras que si se ha generado más que con-

sumido no hay que pagar nada. Los periodos en los que se ha estudiado el balance neto son diario, mensual, semestral y anual.

Además, cuando se considera la tarifa eléctrica final, existen diferentes opciones:

- **kW + kWh:** término de potencia (kW), por el que se paga una cuota fija en función de la potencia instalada; término de energía (kWh), por el que se paga en función de la energía consumida proveniente de la red a lo largo del periodo de facturación.

- **kWh:** sólo término de energía consumida, sólo se paga por la energía consumida proveniente de la red en el periodo de facturación, por lo que no hay ningún término fijo.

- **kW + kWh + DH:** tarifa semejante a la ya mencionada kW + kWh, pero con discriminación de precios según la franja horaria en la que la energía que proviene de la red sea consumida.

- **kW + kWh + PR:** esta tarifa es igual a la citada de kW + kWh añadiendo un término más: el peaje de respaldo. Con este término, el usuario paga un importe por la energía que consume producida con su propia instalación fotovoltaica.

## Instalaciones analizadas

Para las distintas opciones de retribución, se van a analizar dos instalaciones eléctricas con paneles fotovoltaicos: una vivienda unifamiliar y un hotel. El análisis parte de perfiles de consumo horarios anuales, así como de generación, lo cual depende de la zona geográfica del consumo. Con estos datos, se ha estudiado el impacto económico mediante el valor actual neto (VAN) para una vida útil de la inversión realizada de 20 años con una tasa de retorno del 10%. Esta tasa es considerada

Tabla I. Datos de las instalaciones eléctricas analizadas: hotel y vivienda unifamiliar

DATOS	Pot. TOT FV instalada (kW)	Pot. contratada (kW)	Término de potencia (€/kW año)	Término de energía (€/kWh)	Prima FV kWh	Peaje de respaldo (€/kWh)	Término energía de 1.º periodo DH: noche (€/kWh)	Término energía de 2.º periodo DH: día (€/kWh)
Vivienda unifamiliar	10	9,86	35,649493	0,124985	0,488606	0,065	0,058633	0,150108
Hotel	100	381	14,353587	0,113192	0,488606	0,0588	0,0531028	0,1359445

como pesimista, ya que la real podría rondar el 6-7%, por lo que si con la tasa considerada la inversión resulta rentable, la rentabilidad real sería mayor.

Los datos de ambas instalaciones se muestran en la Tabla 1.

El coste de la instalación eléctrica para ambos consumos se resume en las Tablas 2 y 3.

Partiendo de todos estos datos y aplicando los diferentes marcos retributivos y esquemas tarifarios, se ha realizado el impacto económico para las citadas instalaciones, cuyos resultados se muestran a continuación.

## Resultados

La instalación de la vivienda unifamiliar posee una potencia contratada de 10 kW, mientras que la instalación fotovoltaica alcanza 10 kWp. De este modo, la potencia fotovoltaica instalada es igual al 100% de la potencia contratada. En la Figura 1 se muestra el VAN según los diversos marcos retributivos considerados y las diferentes tarifas.

Del gráfico se deduce que el modelo retributivo que más beneficios aporta al propietario de la instalación es el FIT, seguido del mixto. Sin embargo, la sostenibilidad de este modelo es cuestionable, especialmente cuando la tarifa de venta fijada no es acorde a los costes de instalación. Esto es así ya que la promoción de la energía fotovoltaica mediante FIT no sólo no incentiva a instalar paneles fotovoltaicos cercanos a los consumos, donde es potencialmente más beneficiosa, sino que puede incentivar la sobreinversión y además puede producir un incremento de los costes del sistema que hagan que este sea insostenible. Asimismo, se aprecia cómo el balance neto puede resultar rentable para este tipo de consumidor para diferentes periodos de balanceo. Por otra parte, el autoconsumo instantáneo no sería en ningún caso rentable.

Para el caso del hotel, la potencia contratada es de 381 kW, mientras que la instalación fotovoltaica es de 100 kWp. Esto conlleva que la potencia fotovoltaica instalada sea aproximadamente del 26% respecto a la potencia contratada. Al igual que para la vivienda unifamiliar, se muestra el VAN en la Figura 2.

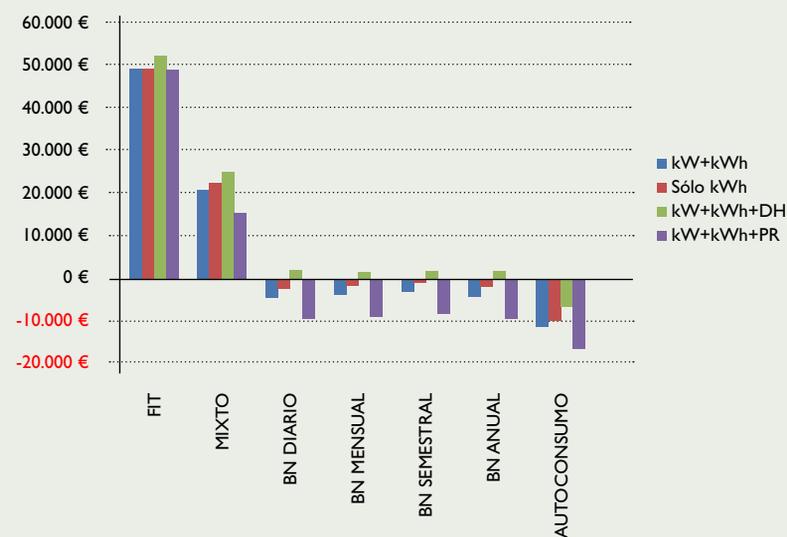
Tabla 2. Presupuesto total para 10 kWp

Concepto	Precio unitario	Número de unidades	Total
Panel solar 250 W	162,07 €	40	6.483 €
Estructura para panel solar	81,07 €	40	3.243 €
Inversor	2.100 €	1	2.100 €
Material eléctrico	0,18 €/Wp	10.000	1.800 €
Obra civil	0,03 €/Wp	10.000	300 €
Otros gastos			7.000 €
<b>Total instalación</b>			<b>20.926 €</b>

Tabla 3. Presupuesto total para 100 kWp

Concepto	Precio unitario	Número de unidades	Total
Panel solar 250 W	162,07 €	400	64.828 €
Estructura para panel solar	81,07 €	400	32.428 €
Inversor	9.600 €	1	9.600 €
Material eléctrico	0,18 €/Wp	100.000	18.000 €
Obra civil	0,03 €/Wp	100.000	3.000 €
Otros gastos			90.000 €
<b>Total instalación</b>			<b>217.856 €</b>

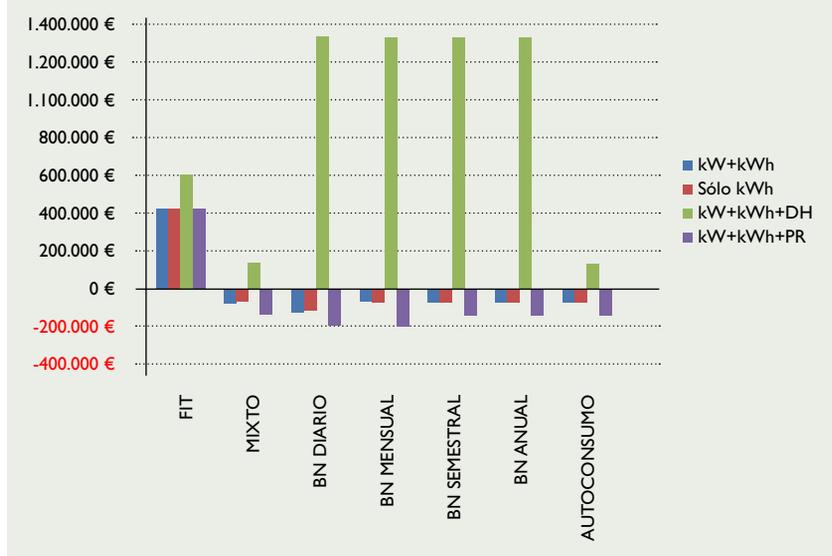
Figura 1. VAN de vivienda unifamiliar con FV real



En este caso, el marco retributivo que resulta más rentable para el propietario de la instalación es el balance neto, restringido a que la tarifa sea de discriminación horaria. La rentabilidad alcanzada es más del doble que si el marco retributivo existente fuese el FIT. Esto sucede porque este tipo de consumos tienen una elevada deman-

da en horas nocturnas, pero el precio de la electricidad en estas horas es inferior. Además, las horas del día en las que los paneles fotovoltaicos están produciendo coinciden con el periodo en el que la energía es más cara, de modo que se ahorra en el periodo que más conviene ahorrar, consiguiendo obtener el mayor ahorro posible.

Figura 2. VAN de hotel con FV real



Haciendo un estudio de la sensibilidad de los resultados al tamaño de la instalación en el caso de la vivienda unifamiliar con tarifa con discriminación horaria, se observa que para los marcos retributivos sostenibles a largo plazo (balance neto y autoconsumo) es más rentable instalar pequeñas potencias (Figura 3). Hay incluso un rango de potencias en los que la rentabilidad del balance neto es mayor que la del FIT.

### Conclusiones

El principal mecanismo empleado para promover la energía solar foto-

voltaica en España, y en Europa en general, ha consistido convencionalmente en definir una tarifa de venta específica conocida como "feed-in-tariff" o FIT. Sin embargo, se ha cuestionado la sostenibilidad de este sistema debido a las dificultades para adaptar dichas tarifas a la evolución de los costes de esta tecnología, así como a la necesidad de reducir los costes del sistema eléctrico en su conjunto.

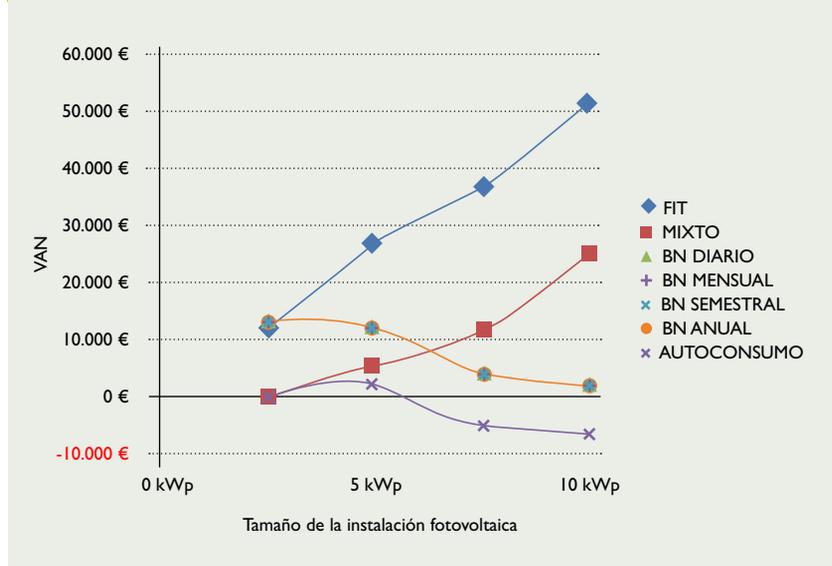
Por este motivo, el futuro de la energía fotovoltaica pasa por el autoconsumo y el balance neto. Con el fin de evaluar el efecto potencial de

un nuevo marco retributivo, en este artículo se ha presentado un estudio sobre la rentabilidad de dos instalaciones fotovoltaicas bajo diferentes marcos retributivos y esquemas tarifarios. En el supuesto de que se aplicase balance neto y existiese la posibilidad de contratar una tarifa con discriminación horaria, el tamaño óptimo para la instalación fotovoltaica de un consumo tiene que ser tal que no exista un exceso de generación en el periodo de balanceo existente en cada caso.

Si además se prefiere tener una inversión inicial menor aunque en los años de amortización el ahorro disminuya, en lugar de tener una inversión inicial mayor y luego ahorrar más, el tamaño óptimo de la instalación fotovoltaica debe ser tal que el máximo pico de producción no supere nunca el mínimo consumo.

En definitiva, el éxito o fracaso del balance neto depende esencialmente del diseño de las tarifas, lo cual es exclusivamente una decisión regulatoria. Por ejemplo, unas tarifas volumétricas (sin un término fijo o por potencia contratada) pueden hacer más atractivo el autoconsumo, pero ponen en peligro la recuperación de los costes fijos del sistema. En cambio, la fijación de peajes de respaldo no motivados por una recuperación de costes podría suponer una barrera importante para el futuro desarrollo de la fotovoltaica. Por consiguiente, lo que es necesario es un diseño adecuado de tarifas que refleje los costes reales del sistema, que posibilite un sistema sostenible de generación distribuida. ■

Figura 3. VAN de vivienda unifamiliar con tarifa kW + kWh + DH



### Referencias

- "Major shortcomings of existing support schemes towards grid parity achievement in target countries". PV Parity Project, EPIA, 2012.
- "Self consumption of PV electricity". Position Paper, EPIA, 2013.
- "MIT Future of Solar Energy Study". MIT Energy Initiative, 2014.
- Reina Lebrón C. "Impactos de diferentes mecanismos de retribución para la energía solar fotovoltaica". Proyecto Fin de Carrera, ICAI, mayo de 2014.