UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID
ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA EN INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS SOBRE CUBIERTA CONECTADAS A RED EN ESPAÑA

AUTORA: Patricia Fernández Rodríguez.

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Eléctrica.

TUTORA: Mónica Chinchilla Sánchez.

FECHA: Julio del 2013.

INDICE

1 Introducción ——— 11

1.1 Situación actual de la energía ——— 11

1.1.1 20/20/20 ——— 14

1.1.1.1 Reducir un 20% las emisiones de los gases del efecto invernadero ——— 14

1.1.1.2 Ahorrar un 20% en el consumo de energía aumentando la eficiencia energética ——— 15

1.1.1.3 El 20% del consumo de energía primaria debe de provenir de fuentes renovables ——— 17

1.1.1.3.1 Generación distribuida ——— 17

1.1.1.3.2 Régimen especial ——— 18

1.2 Situación actual de las energías renovables en España ——— 21

1.2.1 Autoconsumo ——— 21

1.2.2 Antecedentes del autoconsumo ——— 22

1.2.3 Real Decreto 1699/2011 ——— 25

1.2.4 Paridad de Red ——— 32

1.3 Objetivos del Trabajo Fin de Grado ——— 34

2 Legislación de referencia sobre autoconsumo mediante balance neto ——— 37

2.1 Legislación a nivel nacional ——— 37

2.2 Legislación a nivel internacional ——— 39

2.2.1 Directiva Europea relativa al fomento de la cogeneración (2004/8/CE) ——— 39

2.2.1.1 Cogeneración ——— 39

2.2.2 Directiva europea de Energías Renovables (2009/28/CE) ——— 40

2.2.3 Directiva europea de Eficiencia Energética de los Edificios (2010/31/CE) 44
2.2.4 Directiva europea de eficiencia Energética (2012/27/UE) 47
3 Experiencias internacionales de Balance Neto 49
3.1 Capacidad actual y potencia del sector fotovoltaico 50
3.2 Experiencias en la Unión Europea 51
3.2.1 Alemania 51
3.2.1.1 Feed in Tariff 52
3.2.2 Italia 53
3.2.3 Bélgica 55
3.2.4 Dinamarca 56
3.2.5 Reino Unido 57
3.2.6 Francia 60
3.2.7 Holanda 61
3.3 Experiencias fuera de la Unión Europea 62
3.3.1 California 62
3.3.2 México 63
3.3.3 Canadá 64
3.3.4 Japón 65
3.3.5 Brasil 65
3.3.6 República Dominicana 66
3.3.7 Hawaii 66
3.3.8 Chile 67
3.4 Análisis comparativo 68
3.4.1 Recurso Solar 70

3.4.2 Precio de los equipos ——— 73
3.4.3 Ayudas ——— 75
3.4.3.1 Países Europeos ——— 75
3.4.3.1.1 Alemania ——— 75
3.4.3.1.2 Italia ——— 76
3.4.3.1.3 Bélgica ——— 76
3.4.3.1.4 Dinamarca ——— 76
3.4.3.1.5 Reino Unido ——— 77
3.4.3.1.6 Francia ——— 77
3.4.3.1.7 Holanda ——— 77
3.4.3.2 Países no Europeos ——— 78
3.4.3.2.1 California ——— 78
3.4.3.2.2 México ——— 78
3.4.3.2.3 Canadá ——— 78
3.4.3.2.4 Japón ——— 79
3.4.3.2.5 Brasil ——— 79
3.4.3.2.6 República Dominicana ——— 79
3.4.3.2.7 Hawaii ——— 80
3.4.3.2.8 Chile ——— 80
3.4.4 Costes por los servicios prestados por las comercializadoras ——— 80
3.4.5 Tiempos que nos guardan los excedentes ——— 81
3.4.6 Paridad de Red ——— 81
3.4.6.1 Alemania ——— 82
3.4.6.2 Italia ——— 84
3.4.6.3 California ——— 85

3.5 Previsión para España 86
3.5.1 Factores comparativos en España 86
3.5.1.1 Recurso Solar 86
3.5.1.2 Precio de los equipos 87
3.5.1.3 Ayudas 87
3.5.1.4 Costes por los servicios prestados 88
3.5.1.5 Tiempo que nos guardan los excedentes 88
3.5.1.6 Paridad de Red 88
3.5.1.6.1 Madrid 89
3.5.1.6.2 Las Palmas 89
3.5.2 Conclusión 90
4 Estado actual de las tecnologías 94
4.1 Evolución de la energía solar en la historia 94
4.2 Tecnología fotovoltaica 95
4.2.1 Placas Solares 95
4.2.2 Avances tecnológicos 96
4.2.3 Tipos de células solares 97
4.2.3.1 Tecnología fotovoltaica de silicio cristalino 97
4.2.3.2 Tecnología de lámina delgada 99
4.2.3.3 Tecnología fotovoltaica III-V 100
4.2.3.4 Tecnologías orgánicas 100
4.2.3.5 Células fotoeléctricas 101
4.3 Principales fabricantes 101
4.3.1 Solar World 101
4.3.1.1 Kit autoconsumo para potencia de 2,4 102

4.3.1.2 Kit autoconsumo para potencia de 5,2 ——— 103
4.3.1.3 Kit autoconsumo para potencia de 10,5 ——— 104
4.3.2 Sharp ——— 105
4.3.2.1 Kit autoconsumo 240 W ——— 106
4.3.3 Rec ——— 106
4.3.3.1 Kit autoconsumo 940 W ——— 106
4.3.4 Natural Project ——— 107
4.3.4.1 Kit autoconsumo 1,7 kW ——— 108
5 Análisis coste beneficio de su implantación de su implantación ——— 109
5.1 Características del análisis económico ——— 109
5.1.1 Ubicación geográfica ——— 113
5.1.2 Evolución de las tarifas eléctricas ——— 114
5.1.3 Formas de autoconsumo ——— 118
5.1.4 Porcentaje de la tarifa de acceso de asumirá el cliente ——— 123
5.1.5 Costes de la inversión y costes anuales ——— 123
5.1.6 Precio de la energía fotovoltaica ——— 125
5.2 Cálculos para realizar el estudio ——— 126
5.2.1 Años de recuperación para la potencia de 3 kW ——— 129
5.2.2 Años de recuperación para la potencia de 20 kW ——— 130
5.2.3 Años de recuperación para la potencia de 100 kW ——— 132
5.3 Conclusión tras los resultados obtenidos ——— 134

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1. Reparto desigual de recursos energéticos [Nelson Hernández]

Gráfico 2. Reparto del consumo energético [Agustín Alonso Garrido] [IDAE]

Gráfico 3 .Emisiones de CO2 por la generación de electricidad [http://dfc-economiahistoria.blogspot.com]

Gráfico 4. Rango tarifario [Real Decreto 661/2007]

Gráfica 5. Limites de potencias para obtención de primas [RD 61/2007]

Gráfica 6. Paridad de Red [Ponencia Víctor Cervantes Eclareon]

Gráfica 7 Comparativa curvas generación FV vs Consumo [Eclareon]

Gráfica 8. Paridad de red en diferentes países [UNEF Unión Española Fotovoltaica]

Gráfica 9 Resumen Directiva 2009/28/CE [http://www.afec.es]

Gráfica 10 Resumen directiva Europea 2010/31/UE [http://www.afec.es]

Gráfica 11 Mapamundi Latitud y longitud [http://mapa.del-mundo.es]

Gráfica 12.Potencia fotovoltaica instalada [EPIA Europea Photovoltaic Industry Association]

Gráfica 13. Reparto de generación fotovoltaica por países [Roberto Valer]

Gráfico 14. Resumen balance neto en Italia [Sun Power Corporation2011]

Gráfica 15.Resumen Balance neto Reino Unido [Elaboración propia]

Gráfica 16. Tarifas fotovoltaicas del Reino Unido [Departament of energy and climate change DECC]

Gráfica 17. Tarifas eléctricas de Francia [http://www.photovoltaique.info/Aujourd-hui-arrete-du-4 mars-2011]

Gráfica 18. Mapa radiación solar Europeo [http://energiasolarnovasol.com]

Gráfico 19.Comparativa radiación solar Europa [Elaboración propia]

Gráfica 20. Mapa radiación solar del mundo [Meteotest]

Gráfica 21Comparativa radiación solar en el mundo [Elaboración propia]

Gráfica 22 Relación precio módulos FV con su producción [Colegio oficial de Ingeniero de Telecomunicaciones Grupo de nuevas actividades profesionales]

Gráfica 23. Paridad de Red Alemania (Berlín) [PV grid parity monitor Eclareon]

Gráfica 24. Paridad de red En Alemania (Múnich) [PV grid parity monitor Eclareon]

Gráfica 25. Paridad de red en Italia (Roma) *[PV grid parity monitor Eclareon]*

Gráfica 26. Paridad de red California (Los Ángeles) *[PV grid parity monitor Eclareon]*

Gráfica 27. Mapa de radiación solar anual en España en 2012 (kW/m2) *[PVGIS]*

Gráfica 28. Paridad de red Madrid *[PV grid parity monitor Eclareon]*

Gráfica 29. Paridad de red en Las Palmas *[PV grid parity monitor Eclareon]*

Gráfica 30. Comparativa radiación solar España y resto de Europa *[Elaboración propia]*

Gráfica 31. Comparativa radiación solar España con el resto de mundo *[Elaboración propia]*

Gráfica 32. Producción anual de energía fotovoltaica en el mundo *[EPI de Worldwatch, Prometeus Institute, Greentech Media]*

Gráfica 33 diferencia entre monocristalino y policristalino *[Elaboración propia]*

Gráfica 34. Ejemplo de factura con balance neto *[http://www.solarworld.es]*

Gráfica 35. Precio de la electricidad según balance neto *[http://www.solarworld.es]*

Gráfica 36. Comparativa generación FV y consumo domestico Solar Word *[sfe-solar.com]*

Gráfica 37. Comparativa producción solar y consumo energético *[http://www.pulsolar.com]*

Gráfico 38 Energía producida por las placas Light Way *[Natural Project]*

Gráfica 39 Consumo energético semanal *[Medidor de energía]*

Gráfica 40 Consumo energético diferenciado por días *[Medidor de energía]*

Gráfica 41. Consumo energía diferenciando semana y fines de semana *[Medidor de energía]*

Gráfica 42 Zonas climáticas en España *[http://www.cleanergysolar.com]*

Gráfica 43. Subida de los precios de la electricidad *[Ministerio de Industria]*

Gráfica 46. Consumo energético por horas *[Elaboración propia]*

Gráfica 47.Consumo energético según Solar World *[Solar World]*

Gráfica 48 Estudio económico detallado *[Elaboración propia]*

Gráfica 49. Parte de la tarifa de acceso que asume el cliente vs subida de las tarifas *[Elaboración propia]*

Gráfica 50. Potencia vs subida de las tarifas *[Elaboración propia]*

Gráfica 51. Potencia vs parte que asume el cliente de la tarifa de acceso *[Elaboración propia]*

Gráfica 52. Potencia vs zona climática *[Elaboración propia]*

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Objetivos de energía proveniente de fuentes renovables [Anexo 2 Directiva Europea 2009/28/CE]

Tabla 2.Peajes por almacenamiento de excedentes [Elaboración propia]

Tabla 3. Tiempo que se guardan los excedentes [Elaboración propia]

Tabla 4. Modelo regulatorio del balance neto de los diferentes países [Elaboración propia]

Tabla 5. Características técnicas kit 2,4 kW Solar World [http://www.sfe-solar.com]

Tabla 6. Características técnicas Kit 5,2 kW Solar World [http://www.sfe-solar.com]

Tabla 7. Características técnicas Kit 10,5 kW Solar World [http://www.sfe-solar.com]

Tabla 8. Características Técnicas Kit 240W Sharp [http://www.sfe-solar.com]

Tabla 9. Características técnicas kit 940 W Rec [http://www.pulsolar.com]

Tabla 10. Características técnicas kit autoconsumo Natural Project [http://naturalproject.org]

Tabla 11. Consumo energético de las instalaciones [Elaboración propia]

Tabla 12 Hora equivalentes de referencia al año [RD 14/2010]

Tabla 13.Energía generada por zonas climáticas y por potencia [PVGIS]

Tabla 14. Tarifa eléctrica por potencia [Ministerio de Industria]

Tabla 15.Precio de la energía y peajes de acceso a la red [Gas natural Fenosa] y [Ministerio de Industria]

Tabla 16. Precio final de la energía y peajes de acceso [Gas natural Fenosa] y [Ministerio de Industria]

Tabla 17. Subidas de los precios de la electricidad [Elaboración propia]

Tabla 18. Generación energética del día 10 de abril [PVGIS] [Elaboración propia]

Tabla 19.Posibles formas de autoconsumo [Elaboración propia]

Tabla 20. Parte de la tarifa de acceso que asume el cliente [Elaboración propia]

Tabla 21. Inversión económica [Solar World], [UNEF] y [Ordenanza Fiscal nº 55]

Tabla 22. Costes anuales [Correiduría Marsh],[Eresol],[Unef]

Tabla 23. Calculo del autoconsumo instantáneo y diferido [Elaboración propia]

Tabla 24. Años de recuperación para potencia de 3kWy autoconsumo de (41,7, 38, 20,3) [Elaboración propia]

Tabla 25 Años de recuperación para potencia de 3kWy autoconsumo de (20,50,30) [Elaboración propia]

Tabla 26 .Años de recuperación para potencia de 3kWy autoconsumo de (100,0,0) [Elaboración propia]

Tabla 27. Años de recuperación para potencia de 20kW y autoconsumo de (41,7, 38, 20,3) lElaboración propia]

Tabla 28. Años de recuperación para potencia de 3kWy autoconsumo de (20,50,30) [Elaboración propia]

Tabla 29. Años de recuperación para potencia de 20kWy autoconsumo de (100,0,0) [Elaboración propia]

Tabla 30. Años de recuperación para potencias de 100kW en la zona 1 [Elaboración propia]

Tabla 31.Años de recuperación para potencias de 100kW en la zona 2 [Elaboración propia]

Tabla 32. Años de recuperación para potencias de 100kW en la zona 3 [Elaboración propia]

Tabla 33. *Años de recuperación para potencias de 100kW en la zona 4 [Elaboración propia]*

Tabla 34. *Años de recuperación para potencias de 100kW en la zona 5 [Elaboración propia]*

1. INTRODUCCIÓN

1.1 SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL

La energía es sin lugar a duda uno de los principales factores que ha contribuido al desarrollo de la especie a lo largo de la historia.

Gracias a ella el ser humano ha logrado poblar prácticamente la totalidad del planeta, e incluso pisar algún otro.

Gracias a la energía se pueden realizar la mayoría de las actividades que se llevan a cabo a lo largo de los días. Cultivar alimentos, desplazarse, asearse.

Actualmente las principales fuentes de energía a partir de las que se sustenta la población son el petróleo, el gas natural y el carbón, suponen aproximadamente el 80% del suministro de energía primaria a nivel mundial. Aún así se debe tener en cuenta que estos recursos no son ilimitados, y que en algún momento se pueden agotar.

Aparte de él inconveniente que presentan por ser recursos limitados, presentan un problema aún mayor, y es que su consumo genera efectos negativos en el medio ambiente. Este impacto se produce desde el momento de su extracción, hasta el momento final en el que se consume.

En primer lugar se sabe con certeza, ya que cientos de estudios así lo determinan, que el reparto de los recursos energéticos es totalmente desigual.

2011. Los 10 primeros en consumo de energía (distribución en %)

Países	Petróleo	Gas	Carbón	Nuclear	Hidroele	Renovab	Total (*)
China	17.7	4.5	70.4	0.7	6.0	0.7	2613
USA	36.7	27.6	22.1	8.3	3.3	2.0	2269
Rusia	19.9	55.7	13.3	5.7	5.4	0.0	685
India	29.1	9.8	52.9	1.2	5.4	1.6	559
Japón	42.1	19.9	24.7	7.8	4.0	1.5	477
Canadá	31.3	28.6	6.7	6.4	25.8	1.2	329
Alemania	36.7	21.2	25.5	7.8	1.3	7.5	306
Brasil	45.3	9.0	5.2	1.5	36.4	2.6	267
Corea Sur	40.3	16.0	30.0	12.9	0.4	0.4	263
Francia	34.3	14.9	3.7	41.3	4.1	1.7	242
Otros	40.8	32.1	15.8	3.0	6.5	1.8	4265
Mundo	**33.1**	**23.7**	**30.2**	**4.9**	**6.5**	**1.6**	**12275**

(*) Millones de toneladas equivalentes de petróleo

Fuente: Estadística BP 2011 — Infografía: Nelson Hernandez

Gráfico 1. Reparto desigual de recursos energéticos

Muchos de los países que más consumen, los llamados países desarrollados, hablan del desarrollo energético en los países subdesarrollados, sin embargo, de conseguirse esto, la velocidad de agotamiento de los recursos se vería incrementada en varios órdenes.

Es de vital importancia tener constancia de los problemas que acarrearía el agotamiento de estos recursos, cientos de miles de ciudades de todo el mundo, dependen del transporte para alimentarse, por ejemplo, sin petróleo los camiones no podrían llevar el alimento a los centros de consumo, y producir in situ en tales cantidades sería inviable.

A la pregunta de ¿Para cuántos años se tienen recursos?, no hay una respuesta 100% exacta, ya que depende de una cantidad muy elevada de factores, como el nivel de población, el desarrollo tecnológico entre muchos otros. Sin embargo un estudio realizado por BP (British Petroleum) en el año 2012, no deja lugar a duda de que el problema es bastante grave. A un ritmo de consumo igual al actual y en las mismas condiciones quedaría petróleo para 54 años, gas natural para 64 y carbón para 112 [1].

Se debe contar con que la fiabilidad de estos datos no es muy alta, ya que las reservas de estos recursos son unos de los secretos mejores guardados a nivel mundial.

Como se ha mencionado antes este supuesto es teniendo en cuenta que todo se mantiene igual que hasta ahora, sin embargo se puede dar el caso que se comentó al principio del párrafo, de que los países subdesarrollados dejasen de serlo y empezasen a consumir al mismo ritmo que los si desarrollados. En este caso las previsiones de dichos recursos se reducirían notablemente y serían las siguientes, Quedaría petróleo para 23 años, gas natural para 27 y carbón para 47 años [1].

A continuación se va a mostrar un gráfico que refleja cómo está repartido el consumo en el año 2011, y en que se invierte la mayor parte de la energía [2].

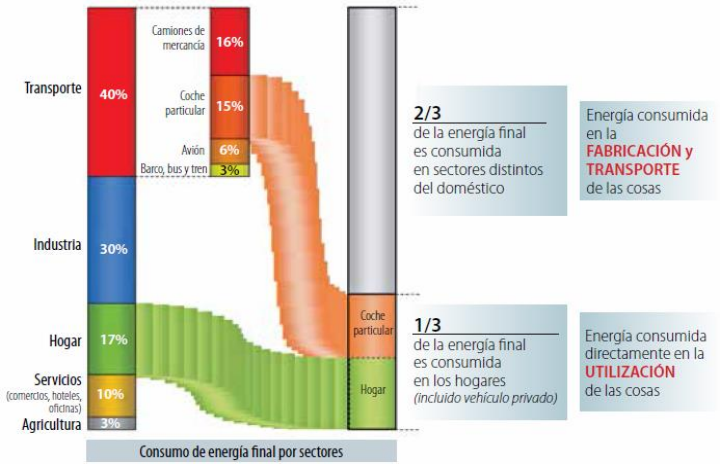


Gráfico 2. Reparto del consumo energético

Se puede observar que la mayor parte del consumo energético se va al sector del transporte, seguida de la industria, el hogar, los servicios y la agricultura. Una vez conocidos estos datos, se deben plantear posibles soluciones para reducirlos al máximo.

Algunas de las soluciones planteadas son: hacer más uso del transporte público, cuando se ponga la lavadora que sea con cargas grandes, no dejarse las luces encendidas, existen muchos aspectos de la vida cotidiana, que se pueden cambiar y con ello contribuir a disminuir la velocidad de agotamiento de los recursos energéticos.

Sin embargo no existe ningún modo para hacer que estos recursos pasen a ser ilimitados, por ello se deben empezar a introducir las energías renovables.

Las energías renovables son aquellas que por su naturaleza se obtienen de fuentes inagotables, bien por la gran cantidad de energía que presentan o bien porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Algunas de las energías renovables son: eólica, solar térmica, solar fotovoltaica, mareomotriz, biomasa y geotérmica entre otras.

Uno de los principales motivos por el que se están promoviendo las energías renovables, aparte de por ser fuentes ilimitadas, es porque no resultan nocivas para el medio ambiente, las emisiones de CO_2 son entre 16 y 32 veces menores [3].

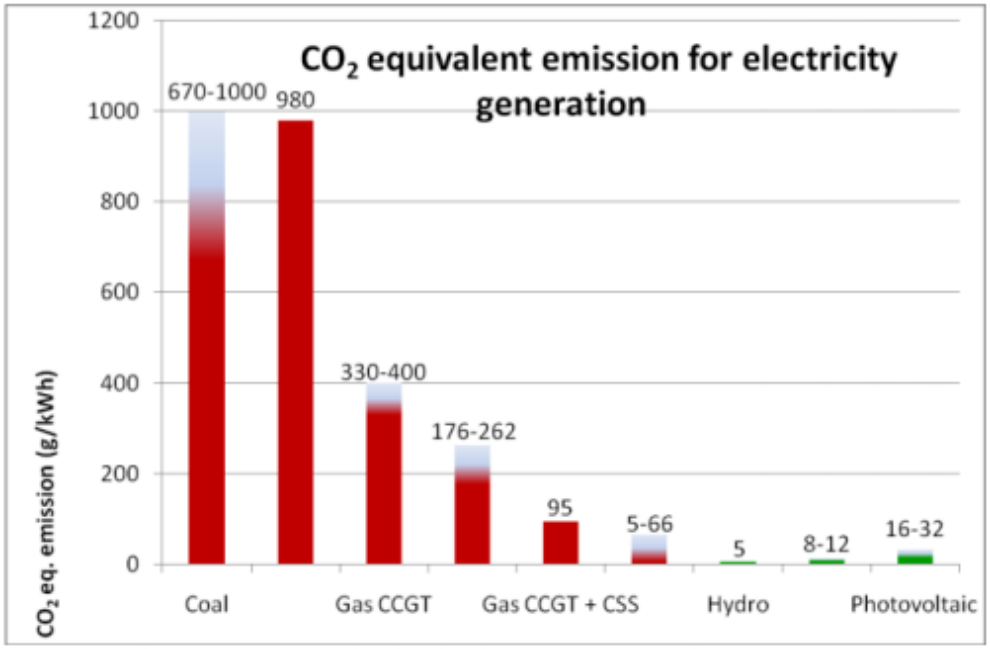


Gráfico 3 .Emisiones de CO_2 por la generación de electricidad.

La Unión Europea, está trabajando duro, para poner en marcha soluciones a todos los problemas causados por el uso excesivo de la energía.

La medida principal que se han tomado para frenar dichos problemas es la que se menciona a continuación:

1.1.1 20/20/20

En los últimos años España está avanzando por el camino de las renovables, uno de los principales objetivos a corto plazo es el 20/20/20, esta es una apuesta de la Unión Europea, para intentar paliar el cambio climático.

Para ello los países de la Unión Europea se han propuesto cumplir con los siguientes objetivos:

1) Reducir las emisiones de los gases del efecto invernadero en un 20%
2) Ahorrar un 20% en el consumo de energía ampliando la eficiencia energética
3) El 20% del consumo de energía primaria debe provenir de fuentes de energías renovables.

1.1.1.1 Reducir un 20% las emisiones de los gases del efecto invernadero

Para cumplir con el primer objetivo del 20/20/20 impuesto por la Unión Europea, se debe saber que hay que hacer un uso más controlado del carbón, el petróleo o la gasolina.

Si se consigue obtener más electricidad, transporte y producción industrial, mediante el uso de fuentes de energía renovables, se van a ver reducidos factores como la contaminación y el calentamiento global.

El primer paso que se debe dar para empezar a reducir los gases del efecto invernadero es, hacer un uso más eficiente de los combustibles fósiles, con esto se va a conseguir ganar tiempo para que se puedan desarrollar las tecnologías necesarias para el desarrollo de las fuentes de energía renovable.

Las turbinas de ciclo combinado son otra medida que se ha de tener en cuenta, ayudan a incrementar la eficiencia de la instalación hasta en un 70%, a largo plazo podría verse incluso duplicada.

En el sector del transporte un avance que favorece a este objetivo es el uso de pilas de combustible de gasolina, el uso de esta tecnología puede llegar a reducir las emisiones de dióxido de carbono hasta la mitad. Dentro de este mismo sector cabe destacar también los coches totalmente eléctricos o los híbridos.

El uso de sistemas de iluminación y electrodomésticos más eficientes también reducirá el consumo de electricidad.

Otro recurso a tener en cuenta es el gas natural, libera mucho menos dióxido de carbono por unidad de energía que cualquiera de las fuentes convencionales.

Se deben tener en cuenta por lo tanto, fuentes de energía como la solar y la eólica, ambas a día de hoy son las más divulgadas entre las renovables.

A parte de la solar y la eólica, también empezará a expandirse la hidroeléctrica cuyo uso podría representar un papel muy importante en la reducción de los gases del efecto invernadero. Así como el uso de la biomasa, la geotérmica entre otras [4].

1.1.1.2 Ahorrar un 20% en el consumo de energía ampliación de la eficiencia energética

Se va a comentar en el siguiente párrafo de forma muy breve que cosas puede hacer una persona como ciudadano, para contribuir a reducir el consumo energético.

Los sectores en los que más influimos de forma directa son el hogar y el transporte y la suma de ambas suponen un 57% del consumo total [grafico 2].

Con el paso de los años el consumo eléctrico en los hogares ha ido creciendo de forma desmesurada, ello en parte debido al desarrollo tecnológico, al aumento de la comodidad, del confort.

Aproximadamente la mitad del consumo energético dentro de un hogar es destinado a la calefacción y a la refrigeración. Esto depende en gran medida de factores como la localización geográfica, el clima, la calidad constructiva del edificio, el aislamiento del edificio, la eficiencia de las instalaciones y el uso que le debemos.

Algunos métodos que se pueden emplear para ahorrar energía en este ámbito son los siguientes:

- Aislar de forma adecuada la vivienda, ayudará a evitar pérdidas o ganancias innecesarias de calor.
- Las fachadas, los muros exteriores, las paredes entre habitaciones todas ellas deben estar bien aisladas, con ello se reducirá una parte importante del consumo energético.
- Uso de dobles ventanas, ayuda a reducir las pérdidas de calor casi a la mitad.
- En cuanto al marco, en función del material del que esté hecho, las perdidas también se verán reducidas ya que materiales como el aluminio, incrementan las perdidas térmicas por su elevada conductividad, el mejor material para evitar esto es la madera.
- Una temperatura adecuada de la calefacción.

Después de la calefacción, el agua sanitaria es en donde más energía se consume.

Para poder reducir el consumo en este sector es conveniente no derrochar más agua de la necesaria:

- Duchas rápida en lugar de llenar la bañera.
- Evitar fugas o goteos de agua.
- Mantener la temperatura del agua entre 30 y 35 grados.
- Asegurarse que el acumulador y las tuberías de distribución del agua están bien aisladas e instalar grifos con regulador de temperatura, nos ayudará a reducir en un 5% aproximadamente el consumo energético.
- Uso de paneles térmicos en el tejado de nuestra casa también es una buena opción, nos aportaría el 60 % de agua caliente que utilizamos en la vivienda.

Otro foco de consumo energético importante en el hogar es la cocina.

Si se puede elegir entre cocina de gas o eléctricas es importante que se sepa, que las de gas conllevan un menor consumo energético, pero si finalmente nos la decisión se decanta del lado de las eléctricas, es conveniente elegir las de inducción, ya que son las más eficientes.

Algunos aspectos que pueden ayudar a reducir el consumo en la cocina son:

- Tapar las ollas, las sartenes o las cazuelas, en el momento de cocinar, ya que destapadas consumen 3 veces más.
- Es conveniente que la parte inferior de la olla sea más grande que el diámetro del foco de calor, ya que se conseguiremos tener menos pérdidas.
  Los electrodomésticos más eficientes más son los de la clase A.
- No descongelar los alimentos en el horno o en el microondas
- Intentar no abrir la puerta del horno muchas veces cuando está funcionando.
- En los frigoríficos comprobar que las gomas están en buen estado para evitar pérdidas, regular el termostato, mantener limpia y ventilada la parte trasera y no dejarse la puerta abierta.
- Uso del lavavajillas plena carga y en programas económicos a temperaturas bajas.
- Las lavadoras con la carga frontal consumen menos, utilizar en programas económicos con temperaturas bajas y cuando estén a plena carga además limpiar el filtro de manera regular.

En cuanto a la iluminación se aconseja aprovechar al máximo la luz natural, elegir aquellas habitaciones más luminosas para el uso más habitual, elegir colores tenues y claros, usar bombillas de bajo consumo, apagar las luces que no se estén utilizando, evitar lámparas con muchas bombillas.

Por último para la electrónica y los sistemas audiovisuales, evitar dejar conectados cargadores a los enchufes, apagar los aparatos del botón, no dejarlos en stand by, regular el brills y el contraste de la televisión, en el ordenador usar salvapantallas negros, y el sistema de ahorro de energía.

Todos estos consejos se pueden llevar a cabo en cualquier vivienda y ayudarían a disminuir de forma considerable el consumo energético y poder así cumplir con el 2º objetivo del 20/20/20.

Hasta ahora se ha hablado del hogar, pero al principio del párrafo se comentó que el transporte es otro sector en el que el ciudadano puede contribuir de manera directa.

Algunos formas de contribuir son por ejemplo hacer uso del transporte público, evitar el coche cuando el recorrido sea corto, compartir vehículo, conducir de forma eficiente y por último si se necesitase cambiar de coche optar por los modelos híbridos o eléctricos[5].

1.1.1. 3 El 20% del consumo de energía primaria debe provenir de fuentes de energías renovables.

Para cumplir con el objetivo 3 aproximadamente un 40% de la producción de energía eléctrica deberá provenir de energías limpias [1]. Se planea por lo tanto un futuro para el sistema eléctrico europeo con mayor penetración de energía en Régimen Especial y menos centralizado (distribuido)

Una de las principales soluciones que ayudó a encauzar dicho objetivo como se ha nombrado en el párrafo de arriba, fue la introducción de la generación distribuida una manera diferente de producir electricidad.

1.1.1.3.1 Generación distribuida

En un primer lugar los únicos que podía producir energía eléctrica eran la grandes centrales eléctricas destinadas a tal fin, esto es lo que se conocía como generación centralizada. Esto evolucionó y dejó paso a lo que hoy día se conoce como generación distribuida, es decir la electricidad se puede producir ya no solo en las grandes centrales, sino también en pequeñas centrales situadas cerca del punto de consumo.

En general se trata de pequeñas potencias situadas entre 50 y 100 MW [6]. Están conectadas a la red de distribución y por lo general parte de lo generado es consumido por la propia instalación siendo el resto exportado a la red. No existe una planificación centralizada para este tipo de generación.

Las primeras legislaciones que regulaban la generación distribuida no permitían al consumidor verter energía a la red, en caso de querer hacerlo tenía que darse de alta como productor eléctrico. Una vez solicitado y aceptado este trámite el proceso era el siguiente: El productor vendía toda la energía a un precio acordado y por otro lado compraba la que

necesitaba. Dado que esto carecía de sentido, se intentó regular de otra manera y esto dio paso a la que hoy día se conoce como autoconsumo.

La diferencia es que con el autoconsumo eléctrico se pueda generar electricidad in situ para el consumo propio. No todo lo generado debe ser consumido, se puede vender parte a las compañías distribuidoras, como más tarde veremos en el RD 1699/2011.

Los beneficios de tener una generación distribuida son los siguientes [7]:

- Se ahorra una parte importante en la factura energética.
- Se reducirían las perdidas, al no tener que recorrer grandes distancias desde el punto de producción al punto de consumo.
- Se reducirían las emisiones.
- Se conseguiría una mayor eficiencia.
- Se conseguiría una mayor autonomía energética.
- Se mejorarían las garantías del suministro.

Es importante saber que uno de los marcos regulatorios que en parte ha contribuido a que esto sea posible es el Régimen Especial.

1.1.1.3.2 Régimen Especial

El Régimen Especial se aplica en España a la evacuación de energía eléctrica a las redes de Distribución y transporte, mediante el tratamiento de residuos, biomasa, cogeneración, eólica o solar [8]. Ésta modalidad está regulada fundamentalmente por el RD 661/2007. Pero ha sufrido modificaciones desde entonces en los siguientes Reales Decretos o Leyes:

- **RD 1565/2010** de 19 de noviembre por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.[9]

- **RD 1614/2010** de 7 de diciembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica a partir de tecnologías solar termoeléctrica y eólica**.** *Horas equivalentes para la Eólica terrestre: 2589 horas/año* **[**10]

- **RDL 14/2010** de 23 de diciembre por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico.(Limitación de horas equivalentes de referencia para la Fotovoltaica)[11]

- **RD 1699/2011** Por la importancia que para este trabajo tiene, se desarrollará su contenido en profundidad en el apartado 1.2 [12]

- **RDL 1/2012** de 27 de enero por el que se procede a la suspensión de los procedimientos de preasignación de retribución y a la supresión de los incentivos económicos para nuevas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de cogeneración, fuentes de energías renovables y residuos.[13]

- **El RDL 2/2013,** de 1 de febrero, de "medidas urgentes en el sistema eléctrico y en el sector financiero", elimina la posibilidad de acogerse a la opción de mercado más prima. [14]

RD 661/2007

Este Real Decreto se aprobó por la necesidad de regular los aspectos técnicos y económicos para el crecimiento del Régimen Especial siempre atendiendo a una mínima calidad y seguridad de suministro.

Sus objetivos eran los siguientes:

- Establecimiento de un régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en Régimen especial, que sustituye al RD 436/2004.
- Establecimiento de un régimen económico transitorio, para las siguientes instalaciones:
    - Autoproductores que utilicen la cogeneración, siempre que se autoconsuma al menos el 30% de la energía producida, si su potencia instalada es inferior a 25 MW y al menos un 50% si su potencia es igual o superior a los 25 MW.
    - Instalaciones que utilicen como energía primaria, alguna de las energías renovables no consumibles, biomasa o cualquier tipo de biocarburante.
    - Instalaciones que utilicen como energía primaria residuos con valorización energética, no contemplados en la categoría B) de RD 436/04.
    - Instalaciones que utilicen la cogeneración para el tratamiento o la reducción de residuos, de los sectores agrícola, ganadero y de servicios.

      Todas estas instalaciones deberán tener una potencia instalada superior a 25 MW.
- Determinación de una prima que complemente el régimen retributivo de aquellas instalaciones con potencias superiores a 50 MW.
- Determinación de una prima que complemente el régimen retributivo de las instalaciones de co-combustión, de biomasa o de biogás en centrales térmicas del régimen ordinario.

Como bien se ha comentado anteriormente, regula las energías renovables dentro del Régimen Especial junto a la cogeneración y al tratado de residuos.

Se establecieron dos opciones en cuanto al régimen retributivo para la venta de la energía:

1. A tarifa regulada, precio fijo que recibe el productor por la energía vertida al sistema.
2. Directamente en el mercado a un precio negociado en el mismo más una cierta prima acotada superior e inferiormente.

A parte de esto, el titular podrá vender parte de su energía a través de una línea directa sin que esta energía le sea de aplicación al régimen económico regulado en este RD.

Otra de las opciones, es que el cliente se puede acoger al sistema de discriminación horaria, es decir el precio que debe pagar por la energía consumida depende de la hora en que la haya utilizado.

En tal caso la tarifa a percibir se calculará como el producto de la tarifa que le corresponda en función al grupo que pertenezca, subgrupo, antigüedad y rango de potencia multiplicada por 1,0462 para el periodo punta y 0,9670 para el periodo valle.

Invierno		Verano	
Punta	Valle	Punta	Valle
11-21 h	21-24 h y 0-11 h	12-22h	22-24 h y 0-12 h

Gráfico 4. Rango tarifario

Para que una instalación sea considerada de Régimen Especial debe estar inscrita en el Registro administrativo de instalaciones de producción en Régimen Especial.

Los límites de Potencia para poder optar a dichas primas son los que se muestran a continuación.

Categoría	MW en RD 661
Solar Térmica	500
Eólica	20.155
Hidráulica <10MW	2.400
Biomasa	1.317
Biogás	250

Gráfica 5. Limites de potencias para obtención de primas.

Una vez se ha hablado de las primeras medidas que se han tomado para resolver los problemas causados por el uso masivo de las energías, e introducido el tema de las energías renovables, se va a empezar a tratar el tema principal del proyecto, el autoconsumo de energía eléctrica[15].

1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA

1.2.1 Autoconsumo

El concepto del autoconsumo viene a decir que un usuario consume la energía que el mismo genera en su propia casa, gracias al uso de fuentes de energía renovable, como puede ser el caso de la energía fotovoltaica. El problema de esta energía es que es totalmente estacional e irregular, por ello no se consume todo lo que se genera, y en muchos momentos necesitamos consumir de la red. Otro de los inconvenientes que plantea es que no existe la posibilidad de amortizar los excedentes, la energía generada y no consumida en ese mismo instante se pierde.

Por ello lo que se está estudiando en España en estos momentos es el tema del Autoconsumo con Balance neto, este tema ya está muy avanzado en países como Alemania (Unión Europea) o California (Estados Unidos).

Lo que se pretende con el Balance neto es que exista una legislación que regule toda la energía que se genere mediante Autoconsumo, es decir que la energía generada y no consumida se inyecte a la red y forme parte de un crédito para el propio consumidor, que en caso de que lo necesite más tarde, pueda hacer uso de ello. Por ejemplo, en momentos en los que el usuario genere menos cantidad de lo que consuma. Consistiría en una mera compensación, con unos costes añadidos a pagar, por los servicios prestados, a las comercializadoras.

Este proyecto se va a centrar en el autoconsumo con balance neto mediante energía fotovoltaica.

1.2.2 Antecedentes del autoconsumo

Ya hace años que se viene hablando del autoconsumo, como por ejemplo en las instalaciones de cogeneración.

Por ello se va a repasar la legislativa nacional, para ver referencias en lo que autoconsumo se refiere:

- Ley 38/1992 de Impuestos especiales artículo 64 quinto sobre exenciones, dispone que estarán exentas las siguientes operaciones:

1. La fabricación de energía eléctrica en instalaciones acogidas al régimen especial que se destine al consumo de los titulares de dicha instalación.

2. La fabricación, importación o adquisición intracomunitaria de energía eléctrica que sea objeto de autoconsumo en las instalaciones de producción, transporte..."
Menciona el autoconsumo por estar exento de dichos impuestos [16.]

- Ley 54/1997 del Sector eléctrico en el artículo 9 donde especifica:

"Los productores de energía eléctrica, que son aquellas personas físicas o jurídicas que tiene la función de generar energía eléctrica ya sea para su consumo propio o para terceros, así como la de construir, operar y mantener las centrales de producción"

Por lo tanto ya desde esta ley existía la posibilidad de que los propietarios de las instalaciones destinasen la energía eléctrica generada no solo a la venta, sino que también podían destinarla a su propio consumo ya fuese de manera total o parcial [16].

- RD 1995/2000 donde se regulan las actividades de transporte, distribución , comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica, en el artículo 60:

1. "Tendrán derecho de acceso a la red de distribución los productores, los autoproductores, los distribuidores, los comercializadores, los agentes externos y los consumidores cualificados"
2. " Este derecho solo podrá ser restringido por la falta de capacidad necesaria, cuya justificación se deberá exclusivamente a criterios de seguridad regularidad o calidad de suministro"
3. "El acceso a la red de Distribución tendrá carácter de regulado y estará sometido a las condiciones técnicas, económicas y administrativas que fije la Administración"[16]

- RD 661/2007 se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial

En este real decreto ya se reconoce la posibilidad de que una instalación generadora no vertiera nada a la red o que vertiera solo parte.

Artículo 16 Contratos con las empresas de red.

b)" Características cualitativas y cuantitativas de la energía cedida y, en su caso, de la consumida, especificando potencia y previsiones de producción, consumo, generación neta, venta, y en su caso, compra."

La empresa distribuidora tenía la obligación de suscribir dicho contrato incluso aunque no se produjera generación neta en la instalación.

En el artículo 17 y 24 de este Real Decreto ya se asumía la posibilidad de venta parcial de la producción:

Artículo 17 De los Derechos de los productores en régimen especial.

b) Percibir por la venta, total o parcial de su energía eléctrica generada neta en cualquiera de las opciones que aparecen en el artículo 24.1, la retribución prevista en el régimen económico de este RD.

Artículo 24 Mecanismos de retribución de la energía eléctrica producida en régimen especial.

1 Para vender, total o parcialmente, su producción neta de energía eléctrica, los titulares de instalaciones a los que resulte de aplicación este real decreto deberán elegir una de las opciones siguientes:" [16]

- En la ITC-BT-40 del reglamento electrotécnico de baja tensión aprobado por el RD 842/2002 define en su artículo 2 tres tipos de instalaciones:

  C) Instalaciones generadoras interconectadas: Aquellas que estén, normalmente, trabajando en paralelo con la Red de Distribución Pública"

  4.3.3 "Equipos de maniobra y medida a disponer en el punto de interconexión.
  En el origen de la instalación interior y en un punto único y accesible de forma permanente a la empresa distribuidora de energía eléctrica, se instalará un interruptor automático, sobre el que actuarán un conjunto de protecciones.

Éstas deben garantizar que las faltas internas de la instalación no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas y en caso de defecto de estas, debe desconectar el interruptor de la interconexión que no podrá reponerse hasta que exista tensión estable en la Red de Distribución Pública".

En el mismo punto continúa diciendo que cuando se prevea la entrega de energía a la red de distribución se dispondrá al final de la instalación de enlace un equipo de medida que registre la energía suministrada. [16]

- RD 314/2006 que aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE). En este real decreto ya se contempla la posibilidad de conectar instalaciones solares fotovoltaicas ubicadas en edificios, en puntos de conexión que no pertenezcan a las compañías distribuidoras.

Todas estas instalaciones referenciadas en leyes y reales decretos han de ser instalaciones interconectadas lo que quiere decir que tiene que trabajar en paralelo a la red de distribución y una conexión a la red interna

Sin embargo todo esto estaba encaminado a grandes instalación con potencias elevadas, no ha sido hasta hace poco que se ha regulado el autoconsumo para los pequeños consumidores con potencias inferiores a 100 kW, en estos casos ya estamos hablando de viviendas unifamiliares o PYMES (pequeñas y medianas empresas). Esto queda regulado en el RD 1699/2011[16].

- RD 1544/2011 por el que se establecen los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución que deben satisfacer los productores de energía eléctrica.

  Artículo 2. Ámbito de aplicación

  1) Los peajes de acceso que se regulan en el presente real decreto serán de obligatoria aplicación a los productores de energía eléctrica, tanto de régimen ordinario como de régimen especial, por cada una de sus instalaciones. [16].

- RD 1578/2008 de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del RD 661/2007 para dicha tecnología.

  Los motivos que lanzaron este real decreto fueron los siguientes:

  - El crecimiento experimentado por la tecnología fotovoltaica que ha sido muy superior a lo esperado.
  - Necesidad de dar continuidad y expectativas a las inversiones.
  - Reconocer las ventajas que ofrecen las instalaciones integradas en edificios como generación distribuida.
  - Racionalizar la implantación de grandes instalaciones, evitando la parcelación en un mismo emplazamiento [16].

Clasifica las instalaciones en 2 tipos:

- Tipo 1 Instalaciones ubicadas en cubiertas o fachadas de construcciones fijas destinadas a uso residencial, de servicios, comercial o industrial. O bien ubicadas en estructuras fijas de soporte como la cubierta de un aparcamiento
  - ≤ a 20 kW recibe 34 c€/kWh
  - > 20 kW recibe 32 c€/kWh

- Tipo 2 Todas aquellas no incluidas en el tipo 1. Recibe 32 c€/kWh.

- RD 1565/2010 por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial [16].

- RD 1003/2010 por el que se regula la liquidación de la prima equivalente a las instalaciones de producción de energía eléctrica de tecnología fotovoltaica en régimen especial [16].

Para entender en qué momento del autoconsumo se encuentra el país y como de introducido está en el panorama nacional, se va a pasar a resumir el Real Decreto 1699/2011, que regula la conexión a red de las instalaciones de pequeña potencia. Se puede decir que este Real Decreto, es el que a día de hoy regula todo el tema del autoconsumo en España.

1.2.3 Real Decreto 1699/2011

Como ya se ha dicho anteriormente, este real decreto regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia, se conoce como el real decreto que regula el autoconsumo, pero prioritariamente se centra en temas administrativos como condiciones de solicitud, procedimientos de conexión, entre otro temas.

Este real decreto es de aplicación a instalaciones de régimen ordinario y régimen especial, cuyas potencias no sean superiores a 100 kW y utilicen alguna de las siguientes energías:

- Instalaciones que utilicen como energía primaria alguna energía renovable no consumible (artículo 2 categoría b del RD 661/2007)
- Instalaciones que utilicen como energía primaria residuos con valorización energética (articulo 2 categoría c del RD 661/2007)

Ambas opciones siempre y cuando se trate de conectar a las líneas de tensión no superiores a 1 kV [17] de la empresa distribuidora directamente o a través de una red

interior de un consumidor (Instalación eléctrica formada por los conductores, aparamenta y equipos necesarios para dar servicio a una instalación receptora que no pertenece a la red de distribución **Articulo 3** del presente RD) o cuando se trate de una conexión a lado de baja de un trafo de una red interior a una tensión menor a 1 kV de un consumidor conectado a la red de distribución siempre que la Potencia de generación de la red interior no supere los 100 kW [17].

Además de las aplicaciones ya nombradas también se podrá aplicar en instalaciones de régimen ordinario y régimen especial de potencias inferiores a 1000 kW que utilicen la cogeneración o centrales cuyo combustible sea la biomasa procedente de cultivos energéticos, de residuos agrícolas, residuos forestales, de estiércoles o de instalaciones industriales. (Articulo 2 categorías a y b6 b7 y b8 RD 661/2007). Todas estas siempre que se conecten a líneas de tensión no superior a 36 kV ya sea de forma directa o a través de una red interior de un consumidor [17].

Todo lo dicho hasta ahora está sacado del RD 1699/2011 **Artículo 2.**

Otra de los aspectos de los que habla el presente Real Decreto es que el promotor interesado en llevar a cabo una instalación de este tipo necesita solicitar a la empresa distribuidora acceso a su red de distribución punto en el que llevarlo a cabo y las condiciones técnicas que deberá cumplir para la Potencia que desee instalar.

Para ello el promotor de la instalación deberá solicitar dicho acceso de manera formal acompañado de la siguiente información:

a) Datos personales (nombre apellido teléfono de contacto y dirección)
b) Ubicación donde se desee construir dicha instalación de generación siempre referenciado de forma catastral.
c) Esquema unifilar de la instalación
d) Punto propuesto para hacer la conexión incluyendo coordenadas UTM (universal transversal mercator) (si se conocen) y propuesta de ubicación del punto de medida.
e) Propietario del inmueble donde se quiere levantar la instalación.
f) Una declaración de conformidad por parte del propietario.
g) Descripción detallada de la instalación, características técnicas (potencias pico y nominal de la instalación), tecnología utilizada, modos de conexión, descripción de las protecciones, características de los inversores y elementos de conexión que se piensan utilizar.

En caso de que la empresa distribuidora crea necesario que el solicitante presente alguna documentación adicional tendrá 10 días para comunicarlo a partir de la recepción de la solicitud [17].

A partir de la recepción de la solicitud la empresa tendrá un plazo de un mes para mandar al solicitante una respuesta conjunta a las condiciones técnicas.

En caso de acatar el punto propuesto por el solicitante la empresa deberá adjuntar la aceptación de la propuesta del punto de conexión y del punto de medida junto a las coordenadas UTM, la tensión máxima y mínima en ese punto de la red, La potencia de cortocircuito máxima y mínima, para poder realizar el cálculo de la aparamenta y calcular las variaciones de tensión permitidas en dicho punto.

Si la empresa no está de acuerdo con los puntos propuesto por el solicitante deberá indicar unos diferentes previa justificación de la negación.

Algunos de los motivos que pueden llevar a la empresa distribuidora a denegar la conexión son los siguientes:

Que la potencia de la instalación sea mayor que la máxima permitida en el punto de conexión, en este caso la empresa lo comunicará al solicitante incluyendo aquellos elementos que serían necesarios modificar junto con la máxima potencia posible en el punto de conexión sin necesidad de modificar la red. En caso de que el solicitante no esté conforme con la negativa tendrá un plazo de 30 días para dirigirse a la Administración competente la cual tendrá un plazo de dos meses para resolver el conflicto [17].

Otro motivo por el que va a poder denegarse el acceso será si se considera que esa conexión afectaría a los criterios de seguridad y continuidad del suministro.

Una vez la empresa distribuidora se dirija al solicitante concediéndole el punto de conexión, este tendrá una vigencia de tres meses desde la fecha de la notificación, antes de este plazo el solicitante deberá comunicar la aceptación del punto y las conexiones de conexión.

Si no se consigue llegar a un acuerdo se deberá plantear dicho conflicto a la CNE (comisión nacional de energía). Una vez ambas partes se hayan puesto de acuerdo y el solicitante acepte la propuesta dispondrá de un plazo de 15 meses para inscribir a la instalación en el Registro de preasignación de retribución o en el Registro administrativo de instalaciones de producción correspondiente.

Una vez acordado el punto de conexión toca determinar de qué lado caen los gastos necesarios para llevar a cabo la instalación, ellos queda perfectamente explicado en el artículo 6 del presente Real decreto, donde dice que los costes que acarreen las nuevas instalaciones desde el punto frontera hasta el punto de conexión con la red de distribuidor, repotenciaciones de las líneas de distribución o del transformador de la empresa distribuidora si fuese afectado correrían a cargo del solicitante. Por ello la empresa deberá comunicárselo con antelación le mandara un presupuesto junto con el pliego de

condiciones. El plazo para remitir estos documentos variará en función de si la conexión se hace en la red de baja o de alta en el primer caso el plazo es de 15 días desde que la empresa sepa de la aceptación por parte del solicitante de los puntos de conexión y de 1 mes en el segundo caso [17].

Los documentos que deberá mandar la empresa al solicitante serán los siguientes:

- Pliego de condiciones donde se especifiquen los trabajos de refuerzo de adecuación o reforma de las instalaciones de la red de distribución.
  Serán realizados por la empresa distribuidora ya que ellos son los propietarios de la misma por razones de seguridad.
  Trabajos necesarios para llevar a cabo la conexión, este tipo de trabajo lo podrá realizar cualquier empresa legalmente autorizada contratada por el solicitante o la propia distribuidora.
- Presupuesto donde se adjunte un presupuesto detallado de los trabajos necesarios referentes a los refuerzos, adecuaciones y o reformas de las instalaciones de la red de distribución, presupuesto detallado de aquellos trabajos necesarios para llevar a cabo la conexión de la instalación a la red de distribución, si el solicitante así lo requiere ambos presupuesto deberán ir por separado.
  El solicitante deberá comunicar en un plazo de tres meses a la empresa distribuidora si desea que los trabajos los realice personal de la propia empresa o una empresa externa cualificada legalmente.

En caso que exista una disconformidad con el presupuesto o con el pliego de condiciones por parte del solicitante este se tendrá que dirigir a la Administración competente en un plazo de 30 días desde que reciba la notificación, por su parte la Administración tendrá un plazo de dos mese para resolver el caso y notificarlo.

Por otra parte aquellas instalaciones de generación cuyas potencias sean inferiores a 20 kW, que ya cuenten con conexión a la red y que se encuentren dentro de suelo urbanizado solo deberán abonar los costes de acometida evitándose los costes provenientes de aquellas infraestructuras que la empresa distribuidora pudiera exigir.

Una vez superadas las pruebas de la instalación debidamente llevadas a cabo por personal autorizado y aceptadas las condiciones técnicas y los presupuestos anteriormente citados se le comunicará a la Administración competente, entonces el titular de la instalación podrá solicitar a la empresa el contrato técnico de acceso a la red, este contrato a de ser suscrito en un plazo de un mes siempre que la instalación cumpla con la normativa.

Como siempre ante cualquier discrepancia con el contrato la Administración será la encargada de resolverlo.

Junto a esta tramitación del contrato el solicitante ya está autorizado para pedirle a la empresa distribuidora que lleve a cabo la conexión ya que se han aceptado las condiciones técnicas y económicas y se han realizado las pruebas pertinentes que verifican el correcto estado.

La empresa tendrá un plazo de un mes para realizar la conexión y será ella la que asuma los costes de entronque por motivo de seguridad.

Una vez realizada la conexión la empresa distribuidora deberá realizar una verificación de aquellos elementos que afecten a la seguridad del suministro, si en esta verificación se encuentra alguna anomalía se le deberá comunicar al propietario indicándole un plazo dentro del cual dichas incidencias debieran estar solucionadas, en caso de disconformidad por alguna de las dos partes se le deberá comunicar a la Administración, esta será la responsable de resolver el conflicto.

Sin embargo para las instalaciones de potencias menores a 10 kW donde ya exista un suministro de potencia contratada igual o superior al de la instalación, cuyo punto de conexión sea en el lado de baja de la red de distribución, ya sea de forma directa o través de una red interior, podrán conectarse en el mismo punto del suministro mediante un procedimiento abreviado.

Para ellos el solicitante deberá remitir a la empresa la siguiente solicitud de conexión recogida en el anexo II de este real decreto junto con una memoria técnica del diseño donde se reflejará si la conexión será en el mismo punto de suministro en la red interior, a de indicarse también el CUPS (código universal del punto de suministro) de suministro asociado. Si el solicitante de la conexión y el titular del contrato de suministro no son la misma persona hará falta un escrito por parte del propietario del suministro mostrando su conformidad.

En 10 días la empresa deberá contestar al solicitante en caso de haber una negativa siempre que fuera posible debería plantear alguna alternativa, si ambas partes no se ponen de acuerdo el titular deberá ponerse en contacto con la Administración en un plazo de un mes desde la recepción de la propuesta, al igual en el caso de que no recibiera contestación por parte de la empresa distribuidora dispondrá de un plazo de 10 días.

Una vez realizada la instalación e titular remitirá a la empresa una solicitud de conexión acompañada del contrato técnico de acceso adjuntado en este real decreto en el Anexo III, todo ello junto a un certificado de la instalación

En un plazo de 10 días la empresa deberá formalizar el contrato, verificar la instalación y realizar la conexión, si en la verificación se encuentran deficiencias el titular deberá subsanarlas antes de volver a solicitar la conexión.

Siempre que quiera la empresa podrá estar presente durante la puesta en servicio de la instalación.

En el artículo 10 nos habla de las obligaciones del titular de la instalación.

Como es lógico este deberá mantener la instalación en perfectas condiciones.

Si fuese necesario la empresa le podrá proponer a la Administración el llevar a cabo cada cierto tiempo verificaciones del estado de las instalaciones, si en alguna de ellas se encuentra alguna discrepancia los gastos corren a cargo del propietario de la instalación, dichas verificaciones serían llevadas adelante por la propia empresa. Podrá verificar la instalación sin autorización en caso de una avería en la red que haga que no se cumplan los umbrales de calidad del suministro por culpa de la propia instalación, en dicho caso el propietario tendrá 72 horas para subsanar la avería, si tras ese plazo el problema no ha sido resuelto la empresa puede proceder a la desconexión, no se volverá a reenganchar hasta que el propietario no presente un justificante firmado por un especialista de que la avería esta arreglada.

En un plazo máximo de 2 días se procederá a la reconexión.

En casos donde sea evidente que la instalación es un peligro, supone un riesgo inminente, o impide el funcionamiento de equipos de terceros se procederá a la desconexión inmediata.

Por último en lo que se refiere a este tema las instalaciones de producción deberán ser revisadas al menos cada tres años, por técnico titulados.

En los Artículos 12 y 13 nos habla de las condiciones de conexión, toda conexión debe intentar cumplir con el requisito de minimizar perdidas, favorecer la seguridad y la calidad del suministro

Si la potencia de la instalación de generación a conectar en la red es mayor a 5 kW la conexión a la red será trifásica. La contribución de los generadores al incremento o la caída de tensión en la línea de distribución entre el CT o la subestación y el punto de conexión no deben ser superiores al 2,5% de la tensión de la red de baja o media según corresponda.

El factor de potencia ha de ser lo más próximo posible a la unidad, siempre que se trabaje a más del 25% de la potencia nominal.

Si estamos hablando de conexión en redes interiores las condiciones de conexión varían, la conexión se hará en el punto de la red interior más cercano a la caja general de protección, si el punto de conexión es en el lado de alta y existe un CT propiedad del consumidor la conexión se hará en el cuadro de salida del lado de baja del transformador.

Las instalaciones de producción conectadas a una red interior no pueden ser de potencias superiores a 100 kW y en todo caso no pueden superar la capacidad disponible en el punto de conexión a la red de distribución.

El siguiente punto del que se hablará trata del tema de las protecciones Artículo 14, el sistema deberá cumplir en todo caso con la normativa vigente en lo provisto en el RD 661/2007, con los procedimientos de operación, con las exigencias previstas en el Reglamento electrotécnico de baja tensión aprobado por el RD 842/2002, que trata de las garantías de seguridad en centrales subestaciones y centros de transformación. Además de cumplir con lo aprobado en el RD 223 /2008 donde tratan los temas de garantías de seguridad en líneas eléctricas de alta tensión.

Todo esto deberá acreditarse en las características de la instalación y se debe de incluir lo siguiente:

- Elemento de corte general que proporcione un aislamiento requerido.
- Interruptor automático diferencial, en caso de derivación de algún elemento a tierra servirá de protección.
- Interruptor automático de la conexión.
- Protecciones de la conexión máxima y mínima frecuencia y máxima y mínima tensión.
- Criterio de desconexión por máxima tensión homopolar para tensiones mayores a 1 kV.

El Artículo 15 se centra en las puestas a tierra, estas deben hacerse de forma que no alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora.

Las instalaciones dispondrán de separación galvánica bien por medio de un transformador de aislamiento o por otro medio que cumpla esta misma función.

Las masas de la instalación de generación deberán estar conectadas a tierra, independiente del neutro de la distribuidora.

Se va hablar a continuación de cómo se regulan las medidas y las facturaciones:

Un requisito necesario para la facturación del régimen económico de una instalación de régimen especial es que exista un punto de medida de generación propio e independiente.

Para las instalaciones conectadas a una red interior los circuitos de generación y consumo tendrán que ser independientes y estar dotados cada uno de sus propios equipos de medida, ambos instalados en paralelo.

En caso de que la instalación de producción vaya a vender solo la energía excedente, podrá instalar un único equipo de medida que registre de forma independiente lo que se genera y lo que se consume, en este caso será necesario dos contratos de acceso uno de generación y otro de consumo

Aquellas instalaciones de régimen especial de potencia menor a 10 kW conectadas a una red interior no recibirán un complemento por energía reactiva, este complemento se mide en función del FP con que se entregue la energía.

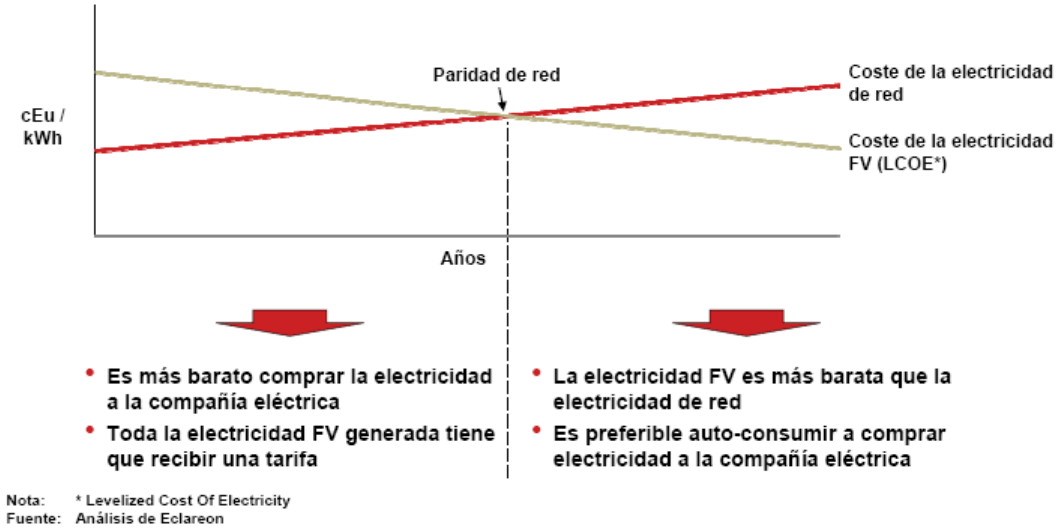
En la disposición adicional segunda se dice que en un plazo de cuatro mese desde la entrada en vigor de este RD el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio debe elaborar una regulación del suministro de energía eléctrica producida en el interior de la red de un consumidor para su propio consumo, aún así esto todavía no ha entrado en vigor.

La gran aportación de este Real Decreto es que modifica en cierta medida el actual modelo centralizado de generación y da la oportunidad a pequeños comercios e industrias incluso viviendas de que se conviertan en centrales eléctricas y puedan distribuir la generación de energía a través de mini eólica u otras instalaciones de autoproducción mediante recursos solares, biomasa entre otros.

1.2.4 Paridad de red

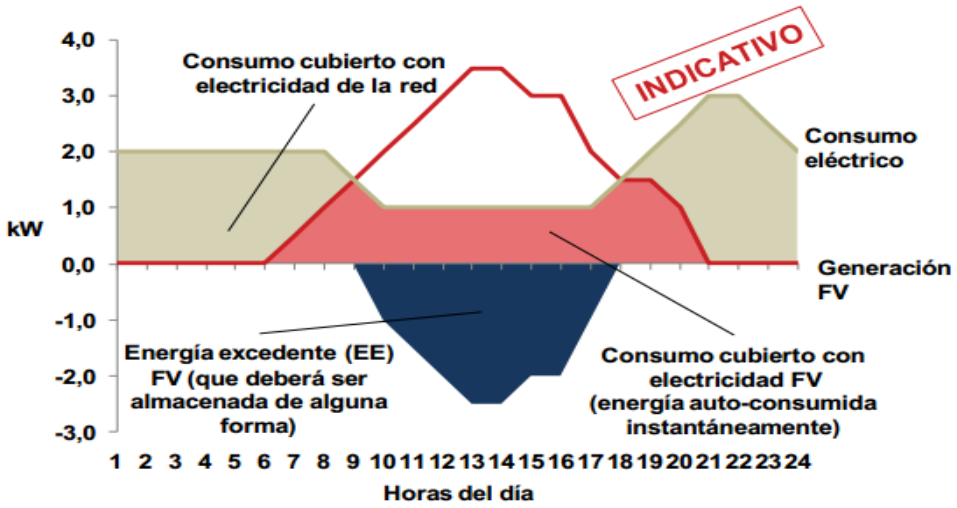
Para que se entienda mejor de lo que se ha hablando, se va a definir el concepto de paridad de red, ya que es uno de los factores que va a influir más de lleno en el tema del balance neto.

Se entiende por paridad de Red el punto de indiferencia para todos los agentes, es decir para el consumidor/productor el coste de producir su propia energía fotovoltaica es igual al precio de referencia de la electricidad que debería abonar por consumir de la red, o lo que es lo mismo lo que al consumidor le cuesta producir energía es lo mismo que lo que pagaría por ella, abajo se puede observar de manera gráfica [18].



Gráfica 6. Paridad de Red

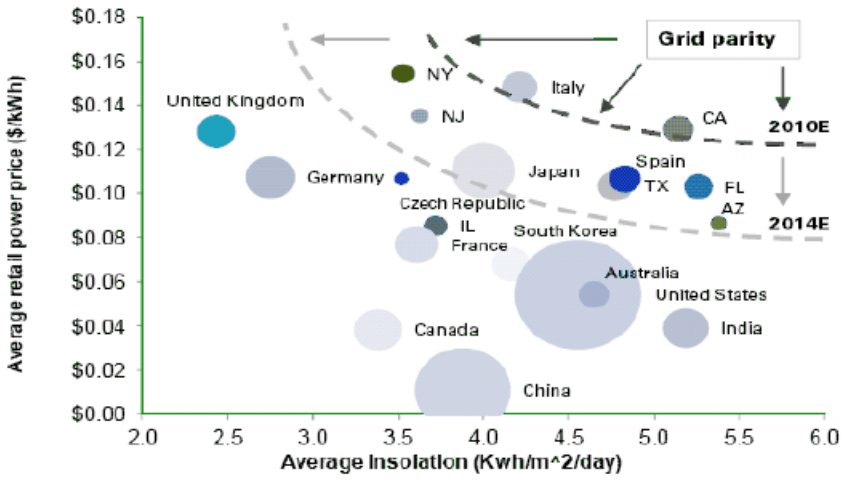
Se debe tener en cuenta que es prácticamente imposible autoabastecerse única y exclusivamente de lo que se genere, dado que la curva de generación de un sistema fotovoltaico, no es igual a la curva de demanda de un hogar.



Gráfica 7 Comparativa curvas generación FV vs Consumo

Otra cosa que se puede apreciar es, que hay momentos del día en que se demanda energía y sin embargo no se produce, va a ser en estos precisos momentos en lo que se va a tener que demandar a la red la cantidad precisada. Por otro lado existen momentos del día en los que se genera mucho y no se necesita tanto, en este caso los excedentes irán a la red, y nos serán devueltos bien en forma de crédito o bien de forma económica. A día de hoy esto aún no está regulado.

Un factor importante que influye en el alcance de la Paridad de Red es lo que el usuario o cliente debe pagar en sus facturas, esto aún es una incógnita, por ello más adelante en el estudio económico será una de la hipótesis que variaremos para ver como de influyente es dicho factor.



Gráfica 8. Paridad de red en diferentes países.

Se está comentando que el alcance de la Paridad de red es uno de los factores más importantes en el desarrollo del balance neto dentro de un país. Sin embargo, son muchos los países como se puede observar en la gráfica 8 [19] que aún no han alcanzado la paridad de red y que sin embargo son pioneros en balance neto y no solo eso, sino que además les resulta beneficioso.

Por ellos más adelante en el punto 3.3 se verá como de importante es realmente el alcance de la paridad de red, para el desarrollo del balance neto. Y en que situación están otros países en lo referente al Grid Parity. Además se analizarán los factores más influyentes y determinantes en el desarrollo del net metering.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO FIN DE GRADO

El objetivo fundamental del presente Trabajo Fin de Grado, es analizar las posibilidades e la generación de electricidad con paneles fotovoltaicos en régimen de autoconsumo y explicar los beneficios del autoconsumo con balance neto, tanto a nivel económico como social incluso medio ambiental. Se detallan los factores que influyen más de lleno en su desarrollo, analizándolos brevemente en los países en que ha extendido más su uso, para más tarde ver como se encuentran en España.

Se aporta además un estudio económico que pretende determinar, bajo determinadas circunstancias, en cuanto tiempo, una persona que invierta en esta tecnología, puede recuperar la inversión y empezar a sacar beneficios económicos.

Este proyecto va a permitir que se conozca más a fondo la idea del autoconsumo con balance neto y si realmente es rentable a corto o largo plazo.

Todo lo visto hasta ahora gira en torno al autoconsumo, sin embargo se quiere ir más allá, se quiere conseguir un cambio en la filosofía que rodea al autoconsumo, la idea es pasar de "soy un generador de energías renovables" a "soy también un consumidor de dichas energías" y por ello voy a producir parte de lo que consumo.

Esta es la idea de peso del balance neto, el pasar de ser un mero productor y poder vender nuestra energía generada a consumirla y que haya una ley con nos ampare.

Con el autoconsumo y su actual regulación, cualquier propietario que contara con una instalación adecuada podía generar su propia energía y venderla a un precio acordado para el disfrute de un tercero, sin embargo ahora el pensamiento es otro. La idea es que el propietario produzca su propia energía y la consuma de manera inmediata o diferida, es decir, si se produce más de lo que se consume, se le cede a la red y a la inversa si nos encontramos con que generamos menos de lo que consumimos se compra.

A lo largo del proyecto se van a comentar experiencias internacionales en cuanto a balance neto, para ver las diferencias que existen con el posible reglamento español en función de lo que hasta ahora se conoce o se intuye.

La idea para que esto funcione al igual que está funcionando en otro países, es que se haga una especie de trueque con las empresas distribuidoras, pagándoles unas determinadas cantidades a las comercializadoras por los servicios prestados, ceder los excedentes a la red y poder contar con ellos más tarde en caso de que fuese necesario.

Un factor muy importante para que se pueda desarrollar esta forma de consumir la energía, es el plazo con el que se cuenta para poder consumir los excedentes que le se han cedido a la red, este factor todavía no está claro, al no haber salido todavía a la luz el Real Decreto definitivo, sin embargo expertos como Carlos Montoya, jefe del departamento Solar del IDEA (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía), o Tomás Díaz director de comunicación de ASIF conocida también como UNEF (Unión Española Fotovoltaica), coinciden con que este plazo ha de ser de un año para que el autoconsumo no pierda su atractivo, y sobre todo para compensar de la forma más rigurosa posible la producción de energía solar en los periodos más soleados con los menos soleados.

Ante este tema, se encuentran diferentes posturas, investigadores como Ana Marco asociada a Ecoedes (Ecología y Desarrollo), es más partidaria de que al productor se le paguen los excedentes, y no tanto que se hable de trueque.

Y por otro lado otros muchos opinan que España no debería implantar este modelo de autoconsumo regulado con balance neto hasta que no se alcance la paridad de red.

En resumen lo que se pretende es analizar las consecuencias para los usuarios de la regulación de los excedentes producidos mediante autoconsumo.

2 LEGISLACIÓN DE REFERENCIA SOBRE AUTOCONSUMO MEDIANTE BALANCE NETO

2.1 LEGISLACIÓN A NIVEL NACIONAL

A continuación se va a resumir el borrador que regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas de la modalidad de suministro de energía eléctrica con balance neto.

En el capítulo 1 se habla de los objetivos y el ámbito de aplicación de este Real Decreto.

Lo que se busca es establecer las condiciones administrativas, técnicas y económicas para la modalidad de Balance neto (consumo instantáneo o diferido de la energía eléctrica que hubiera sido producida en el interior de la red de un punto de suministro o institución titularidad de un consumidor destinada a su propio consumo).

El ámbito de aplicación es a consumidores de energía eléctrica cuya potencia no supere los 100 kW por punto de suministro o instalación que instalen en su propia red una instalación de generación destinada al propio consumo [20].

Los requisitos técnicos se comentan en el capítulo 2, alguno de los aspectos que se tratan es la configuración de puntos de medida configurados según los requisitos técnicos que se nombran en el real decreto 1110/2007.

El consumidor dispondrá de los equipos de medida necesarios para la facturación de las tarifas o peajes, podrán tener o bien de dos equipos de medida en el punto frontera, o bien uno bidireccional que registre el balance neto de lo generado y lo consumido [20].

Las condiciones generales de contratación tratadas en el Capitulo 3 nos dice que los consumidores que deseen una nueva conexión en la modalidad de balance neto deberán suscribir un contrato de acceso con la compañía distribuidora, en caso de disponer ya de punto de suministro deberán adaptar los contratos que ya tienen con las compañías a lo acogido en este real decreto [20].

Además del contrato de acceso, para que el consumidor quede registrado en esta modalidad deberá suscribir a demás un contrato de suministro con la empresa comercializadora de acuerdo con las mínimas condiciones que se establezcan por orden del Ministerio Industria turismo y comercio [20].

Las incidencias provocadas por la instalación del consumidor acogido a la modalidad balance neto no se consideraran a efectos de la calidad de su servicio individual. En caso de que dichas instalaciones provoque perturbaciones en la red se atenderá a las artículos 109 y 110 del RD 1955/2000, donde dice que es responsabilidad de la propia distribuidora cumplir con los índices de calidad, pero que si se demuestra que las interrupciones son

debidas a la actuación de terceros será la Administración la que deba actuar mediante una sanción al causante de dichas perturbaciones [20].

Por último el Capitulo 4 nos habla de la gestión de la energía excedente [20].

En un primer lugar el consumidor que esté acogido a la modalidad de balance neto podrá ceder a la empresa comercializadora toda aquella energía que haya generado pero que no haya podido consumir., esta cesión no conlleva contraprestaciones económicas, sirven más bien como créditos, es decir genera unos derechos de consumo diferido que el consumidor podrá utilizar en un plazo de 12 meses de vigencia desde que se crea este derecho, es decir desde que el consumidor cede dicho excedente. Sin pasado un periodo de 12 meses el consumidor aún tiene energía que no ha compensado esta se considerará perdida [20].

La adquisición de dicha energía que puedes tomar de la empresa por haber generado en otro periodo excedentes tendrá unos ciertos costes para el consumidor, estos costes serán en concepto de peaje y otro cierto coste por servicio de balance neto, este último no podrá superar nunca el máximo impuesto por el Ministerio de industria, Comercio y Turismo [20].

El precio de la energía que el consumidor necesite tomar de la empresa será pactado por ambas partes [20].

La empresa comercializadora, deberá llevar una contabilidad individual para consumidor de los derechos de consumo diferido y otros datos reflejados en el anexo de contabilidad de los derechos del consumo diferido, que podemos encontrar en el borrador del real decreto que regulará el balance neto [20].

Otro tema importante para el consumidor es, que si en algún momento está interesado en cambiar de comercializadora primero deberá solicitar dicho cambio con antelación y la empresa saliente deberá traspasar todos los derechos de consumo deferido a la nueva comercializadora, con el fin del que el cliente no pierda dicha energía [20].

Por último decir que la facturación se hará mes a mesen base a lecturas reales y que en cada factura se recogerán los detalles de la energía generada, consumida y la información asociada a la compensación de los derechos de consumo asociado [20].

2.2 LEGISLACIÓN A NIVEL INTERNACIONAL

Las cuatro directivas europeas, que abren el camino a las energías renovables son:

- Directiva Europea relativa al fomento de la cogeneración (2004/8/CE)
- Directiva Europea de Energías Renovables (2009/28/CE)
- Directiva Europea de Eficiencia Energética de los Edificios (2010/31/CE)
- Directiva Europea de Eficiencia Energética (2012/27/UE)

Estas tres directivas pretenden fomentar un cambio en el modelo energético a nivel europeo.

2.2.1 Directiva europea relativa al fomento de la cogeneración (2004/8/CE).

El propósito de esta Directiva es facilitar las instalaciones y las puestas en marcha de centrales eléctricas de cogeneración con el fin de economizar la energía y hacer frente al cambio climático.

Para entender bien la presente Directiva se va a explicar el concepto de Cogeneración.

2.2.1. 1 Cogeneración

La cogeneración es un procedimiento a través del cual se puede obtener energía eléctrica y energía térmica útil al mismo tiempo.

Las centrales de cogeneración funcionan con turbinas de gas.

Para hacer funcionar estas centrales se suele utilizar gas natural como energía primaria. Pero también cabe la posibilidad de utilizar residuos o fuentes de energía renovables.

Ventajas del uso de cogeneración

- Antes de expulsar los gases de escape los enfrían y la energía generada en este proceso es reutilizada.
- Disminuye las pérdidas en la red eléctrica.
- Aumenta la competencia entre productores.
- Ahorra energía en zonas aisladas.

El rendimiento global de estas centrales puede oscilar entre un 75% y un 90% [21].

El principal objetivo de esta directiva es crear un marco común que regule este tipo de centrales de generación.

Existen dos tipos de objetivos, uno a corto plazo y otro alargo plazo:

- Corto plazo: consolidar las instalaciones ya existentes y fomentar la instalación de nuevas.
- Largo plazo: Crear un nuevo marco destinado a reducir las emisiones de CO_2

Establece unos determinados valores de referencia de la eficiencia para producir electricidad y calor por separado.

Los estados miembros deberán garantizar en un plazo de seis meses que la electricidad producida a partir de cogeneración cumple con los requisitos estipulados por esta Directiva [22].

Además deberán velar por que los productores puedan dar garantías de que la electricidad que venden proviene de la cogeneración.

En esa garantía se deberán especificar los siguientes aspectos [22]:

- El valor calorífico de la fuente de combustión.
- Uso conjunto de calor y electricidad.
- Fechas y lugares de la producción.
- Cantidad de electricidad de cogeneración
- Ahorro de energía primaria

2.2.2 Directiva europea de energías renovables (2009/28/CE).

La Directiva 2009/28/CE del parlamento Europeo y del Consejo salió a la luz el 23 de Abril de 2009, esta directiva es relativa al fomento del uso de energías procedentes de fuentes renovables y por ella quedan modificadas y derogadas las Directivas 2011/77/CE y 2003/30/CE.

En esta directiva se establece el concepto de generación distribuida.

Los considerandos que hay que tener en cuenta de esta directiva, son los siguientes:

- Desarrollo de las energías procedentes de fuentes renovables, debe existir una vinculación estrecha con el aumento de la eficiencia energética, cuyo fin es reducir las emisiones de los gases del efecto invernadero [23].
- Uno de los objetivos obligatorios, es el de alcanzar una cuota del 20% de energías procedentes de fuentes renovables en el consumo total de energía de la UE en 2020. Y un objetivo vinculante mínimo del 10% para todos los Estados miembros para las energías procedentes de fuentes renovables en el transporte [23].
- Otro de los objetivos clave, es lograr una mejora del 20% en la eficiencia energética de aquí al 2020[23].

Gráfica 9 Resumen Directiva 2009/28/CE

Como ya se ha comentado uno de los objetivos globales de esta Directiva es, que a nivel nacional se pueda cumplir con el 20/20/20 para ello cada país a de ser coherente con los objetivos del 20% de energía procedente de fuentes renovables, como mínimo, este valor es el que se le ha adjudicado a España como objetivo a cumplir antes del 2020.

Para poder cumplir con dichos objetivos los Estados miembros de la UE podrán aplicar una serie de medidas como:

- Sistemas de apoyo
- Mecanismos de cooperación entre diferentes estados miembros y con terceros países con el fin de alcanzar sus objetivos nacionales.

Cada Estado miembro adoptará un determinado plan de acción nacional en materia de Energía Renovable, estos planes debieron ser comunicados a la Comisión a lo más tardar el 30 de Junio del 2010 [23].

Para determinar el consumo final de energía procedente de fuentes renovables se deberá sumar los siguientes términos:

1. Consumo final bruto de electricidad proveniente de fuentes de energía renovable.
2. Consumo final bruto de energía procedente de fuentes de energía renovable destinada a la calefacción y a la refrigeración
3. Consumo final de energía procedente de fuentes de energía renovable en el sector del transporte.

En cuanto a los temas Administrativos, los Estados miembros deberán llevar a cabo las siguientes tareas:

- Definir de forma clara y concisa las especificaciones técnicas que han de cumplir los equipos y sistemas de energías renovables con el fin de poder beneficiarse de los sistemas de apoyo.
- Recomendar a los agentes el uso de sistemas y equipos para el uso de la electricidad a través de fuentes de energía renovables.
- Se informará de las medidas apropiadas para que aumente la cuota de todas las energías renovables en el sector de la construcción.
- Velarán para que los edificios de carácter público sean un objeto de renovación importante y cumplan con la iniciativa.
- Fomentarán la utilización de calefacción y refrigeración a partir de fuentes renovables que permitan reducir notoriamente el consumo. Utilizarán etiquetas ecológicas, energéticas u otros certificados, para fomentar estos equipos.
- Velarán para que los proveedores de los equipos y sistemas o bien las autoridades competentes faciliten información sobre los beneficios netos que conlleva el uso de las renovables, los costes la eficiencia energética de sus equipos.
- Deberán asegurarse de que los sistemas de certificados o los de cualificación estén disponibles para los instaladores de calderas y estufas de biomasa, sistemas solares térmicos y fotovoltaicos… [23].

Como muy tarde el 25/12/2009 tendrían que haber entrado en vigor las diferentes disposiciones legales que cumplan con lo tratado en esta directiva en los diferentes países miembros de la Unión Europea [23].

En el Anexo 2 de esta Directiva se puede ver cuáles son los objetivos de los diferentes países de la Unión Europea y cuál era su cuota de producción de energía renovable en el año 2005.

Como se puede observar, Suecia es el País al que más se le exige, con un 49%, teniendo en cuenta que ya en el 2005 un 39% de la energía consumida procedía de Energías Renovables, El siguiente país en cuanto a exigencias en el consumo procedente de Renovables es Letonia.

En la parte opuesta encontramos países como Bélgica, República Checa, Chipre Luxemburgo, Hungría y Malta entre otros, donde las exigencias están en torno al 10%. Se trata de países que no tienen en expansión el mercado de energías renovables.

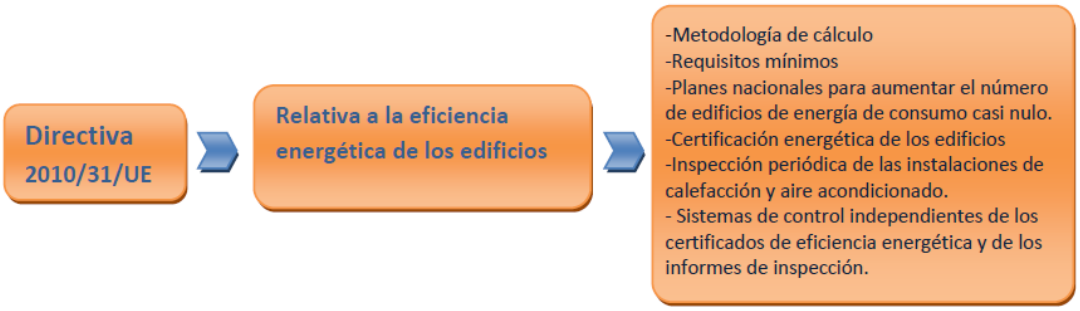
PAISES	Cuota de energía procedente de fuentes renovables en el consumo de energía final bruta (2005)	Objetivo para la cuota de energía procedente de fuentes renovables en el concepto de energía final bruta (2020)
Bélgica	2.2%	13%
Bulgaria	9,4%	16%
Republica Checa	6,1%	13%
Dinamarca	17%	30%
Alemania	5,8%	18%
Estonia	18%	25%
Irlanda	3,1%	16%
Grecia	6,9%	18%
España	8,7%	20%
Francia	10,3%	23%
Italia	5,2%	17%
Chipre	2,9%	13%
Letonia	32,6%	40%
Lituania	15,0%	23%
Luxemburgo	0,9%	11%
Hungría	4,3%	13%
Malta	0%	10%
Países bajos	2,4%	14%
Austria	23,3%	34%
Polonia	7,2%	15%
Portugal	20,5%	31%
Rumania	17,8%	24%
Eslovenia	16%	25%
Eslovaquia	6,7%	14%
Finlandia	28,5%	38%
Suecia	39,8%	49%
Reino unido	1,3%	15%

Tabla 1. Elaboración propia. Objetivos de energía proveniente de fuentes renovables.

2.2.3 Directiva Europea de eficiencia energética de los edificios (2010/31/CE).

Directiva 2010/31/CE del parlamento Europeo y del Consejo de 19 de Mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios.

Esta directiva, establece el concepto de edificios de consumo y emisiones cero basado en autoconsumo



Gráfica 10 Resumen directiva Europea 2010/31/UE.

Dicha directiva entró en vigor el 9 de Julio del 2010.

Los aspectos más relevantes de esta directiva son los que se citan a continuación:

- Anterior a esta directiva estaba la 2002/91/CE relativa también a la eficiencia energética de los edificios, sin embargo esta quedó modificada y sustituida mediante la presente directiva.
- El 40% del consumo total de la energía en la UE corresponde a los edificios [24].
- Lo que se intenta en todo momento es que la Unión europea cumpla con el protocolo de Kioto y en consecuencia con el triple objetivo del 2020 [24].
- Se necesitan acciones para potenciar el ahorro energético a partir de los edificios [24].
- Los edificios nuevos y los ya existentes que son objeto de reformas deben cumplir unos mínimos requisitos de eficiencia energética adaptados a las condiciones climáticas locales [24].
- El sector público de cada uno de los Estados miembro deberá servir de ejemplo en el ámbito de eficiencia energética de los edificios.
- En caso de que haya un posible comprador de un edificio, este debe recibir un certificado de eficiencia energética del mismo [24].

El principal objetivo de esta Directiva es fomentar la eficiencia energética de los edificios de la Unión Europea. Para ello se tendrán en cuenta las condiciones climáticas, exigencias ambientales, rentabilidad en términos de coste-eficiencia así como particularidades locales si las hubiera.

A continuación se van a nombrar una serie de aspectos a tener en cuenta, que se especifican en la presente directiva:

- ***Adopción de una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios***
  Los países miembros de la UE aplicaran una metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios expuesta en el Anexo I.

  Anexo I

  La eficiencia energética de un edificio se determina partiendo de la cantidad de energía consumida anualmente para satisfacer las necesidades ligadas a su uso. Es decir de forma que se refleje la cantidad de energía necesaria a fin de mantener las condiciones térmicas previstas.

  Se deberá expresar de forma clara la eficiencia energética de un edificio. Se deberá incluir un indicador de eficiencia y de consumo, basándose en unas medidas anuales ponderadas o un determinado valor para la generación in situ.

  Se deberá establecer una metodología atendiendo a las características térmicas del edificio, a las características de aislamiento de los sistemas de calefacción, aire acondicionado, instalaciones de iluminación incorporada, diseño, emplazamiento y orientación del edifico, instalaciones solares pasivas y condiciones ambientales interiores.

  Se tendrán en cuenta para el cálculo todo tipo de incidencias positivas.

  Los edificios deberán clasificarse en función del sudo que se les vaya a dar (viviendas, oficinas, centro de enseñanza hospitales…) [24].

- ***Requisitos mínimos de eficiencia energética***
  Los estados miembros de la Unión europea, deberán tomar una serie de medidas con el fin de que se cumplan los objetivos de eficiencia energética.

Los edificios se diferenciarán en nuevos o existentes, así como en determinadas categorías.

Edificio nuevo deben cumplir con los requisitos de eficiencia. Antes de su construcción se deben de asegurar de que cuente con una buena viabilidad técnica, medioambiental y económica.

Edificio existente en el momento en el que se efectúen una serie de reformas importantes, se deberá mejorar la eficiencia energética del edifico, de forma que cumpla con los mínimos requisitos.

Dependiendo del estado, se puede permitir que algunos tipos de edificios queden fueran del cumplimiento de eficiencia energética [24].

- ***Instalaciones técnicas de los edificios.***

A la hora de llevar las instalaciones técnicas de un edificio, también se deberán cumplir una serie de requisitos:

  - Instalación de la calefacción
  - Instalación del agua caliente
  - Instalación del aire acondicionado
  - Instalaciones de ventilación

Además los países de la Unión Europea deberán fomentar el uso de sistemas de medición inteligentes. Como sistemas de automatización destinados al ahorro energético

En cuanto a los certificados de eficiencia serán los estados los que tomarán las medidas necesarias para establecer su propio sistema de certificación. En dicho certificado se deberá incluir la eficiencia del edificio, además de los requisitos mínimos que se han de cumplir.

A la hora de vender o alquilar un edificio se deberá entregar una copia del certificado al comprador o arrendatario.

Y en caso de tratarse de un lugar de pública concurrencia superior a 500 m^2, este certificado deberá de estar en un lugar visible al público.

Por otro lado los Estados miembros debe de velar por que se lleven a cabo inspecciones periódicas de las partes accesibles de instalaciones de Potencia nominal superior a 20 destinadas a calentar edificios o viviendas e instalaciones de aire acondicionado de Potencia nominal superior a 12 kW [24].

Los Estados miembros tiene hasta el 31 de diciembre de 2015 para cumplir con los dicho en esta directiva [24].

Y a partir del 1 de febrero del 2012 quedó derogada la anterior Directiva.

2.2.4 Directiva Europea de Eficiencia Energética (2012/27/UE)

Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012 relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE y por la que se derogan las directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE

Esta directiva, explica cómo se pueden llevar a cabo las dos directivas anteriores, mediante contadores que acepten el balance neto y el autoconsumo.

Los objetivos de esta Directiva son los siguientes:

- Establecer un marco común de medidas que fomenten la eficiencia energética dentro de la Unión Europea de forma que se puedan asegurar los objetivos que se han de cumplir para el 2020.
- Establecimiento de unas normas encaminadas a eliminar las barreras del mercado de la energía y superar las diferencias del mercado que obstaculizan la eficiencia en el abastecimiento y el consumo de energía.
- Establecer unos objetivos nacionales orientados a la eficiencia energética.

Cada miembro de la UE será el responsable de fijar sus objetivos para alcanzar la eficiencia energética, estos objetivos se basarán en el consumo de energía primaria o final, en el ahorro o en la intensidad energética.

Para poder fijar dichos objetivos se han de tener en cuenta los siguientes aspectos:

- El consumo de energía en la UE en 2020 no debe ser superior a 1474 Mtep de energía primaria o de 1078 Mtep de energía final [25]
- La evolución del PIB (producto interior bruto)
- El potencial remanente de ahorro rentable de energía
- Avances en todas las fuentes de energía renovable

Los estados miembros deberán establecer estrategias a largo plazo para movilizar las inversiones en la renovación de edificios residenciales y comerciales.

Deben asegurarse de que a partir del 1 de Enero del 2014 el 3% de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración se renueven cada año. Este 3% solo se calculará sobre los edificios con una superficie útil total de más de 500 m^2. A partir de 2015 este límite se reducirá a 250 m^2 [25].

Además los Estados deberán establecer un sistema de obligaciones de eficiencia energética para velar por que los distribuidores de energía o las empresas minoristas de venta de energía de venta de energía, almacenen un objetivo de ahorro de energía, a nivel de usuario final antes del 31 de Diciembre del 2020 [25].
Como alternativa al sistema de obligaciones los Estados pueden optar por otras medidas para conseguir los ahorros energéticos como:

- Tributos sobre la energía o sobre las emisiones de CO_2
- Mecanismos e instrumentos financieros así como incentivos que lleven a la aplicación de tecnologías limpias y eficientes.
- Programas de asesoramiento energético.

Medidas que han de tomar Los Estados:

- Fomentar que todos los clientes finales puedan acceder a auditorias energéticas.
- Elaboración de programas que apoyen a las PYMES para que realicen auditorias y más tarde puedan aplicar las recomendaciones.
- Elaboración de programas para concienciar sobre los beneficios de estas auditorías para los hogares.

3 EXPERIENCIAS INTERNACIONALES DE BALANCE NETO

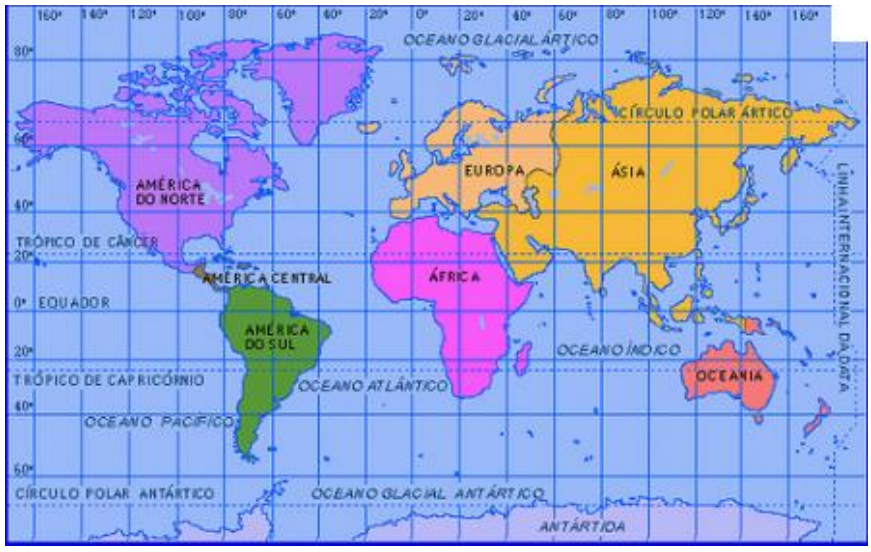
Tras conocer como se encuentra el tema del Balance neto en España, y su posible modelo regulatorio es importante conocer los marcos regulatorios de otros países que ya cuentan con este sistema de consumo energético.

Para que se tenga una idea más clara, es importante conocer la situación actual en el campo de las energías renovables.

Para determinar cuáles son las mejores prácticas internacionales en balance neto se deben tener en cuenta aquellos factores que permiten que sea posible llevarlo acabo dentro de un país [26]:

- Capacidad actual y potencial del sector fotovoltaico.
- Proximidad a la paridad de red.
- Representatividad de los marcos regulatorios y de los programas escogidos para el análisis.

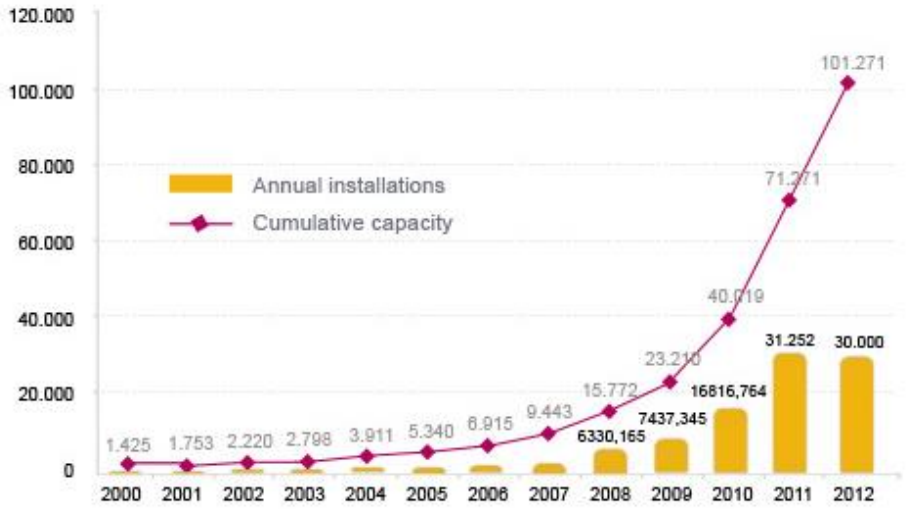
Otro factor y no menos importante para que sea posible la introducción del balance neto es la franja horaria en la que se encuentra el país, esto va a influir en las horas de luz que va a tener dicho país, además del clima, cuanto más soleado, mayor serán las posibilidades de desarrollo del mercado fotovoltaico. Para ser exactos Chile es el país que mayor irradiación recibe de todo el mundo, un estudio de la Universidad de Chile así los confirma, para mayor exactitud se ha de nombrar el desierto de Atacama [27] como punto de mayor irradiación de mundo.



Gráfica 11 Mapamundi Latitud y longitud.

3.1 CAPACIDAD ACTUAL Y POTENCIA DEL SECTOR FOTOVOLTAÍCO

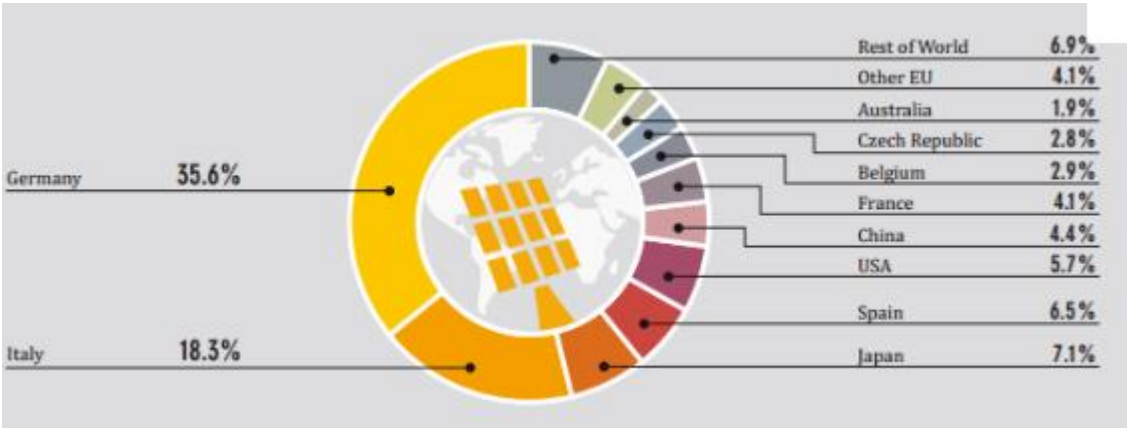
A finales del 2012 la Potencia fotovoltaíca instalada en todo el mundo rondaba los 100 GW [28].



Gráfica 12.Potencia fotovoltaica instalada.

De estos 100 GW la Unión Europea representa aproximadamente el 74% siendo la principal zona de instalación.

A la cabeza de todos los países se encuentran Alemania con un 35,6% seguido por Italia con un 18,35%, podemos encontrar a España en cuarto lugar con aproximadamente 4,5 GW de potencia fotovoltaica instalada [29].



Gráfica 13. Reparto de generación fotovoltaica por países.

3.2 EXPERIENCIAS EN LA UNIÓN EUROPEA

3.2.1 Alemania

Alemania es uno de los líderes mundiales en lo que se refiere a potencia fotovoltaica instalada con aproximadamente 32 GW a finales del 2012 representa un 36% de la potencia mundial instalada. Solo en 2011 se instalaron 7,5 GW, lo que produjo 18 TW·h de electricidad que a su vez supuso un 3% del total consumido en el país durante ese periodo [30].

Para ser conscientes de cómo de grande es la producción en este país como anécdota, decir que en mayo de 2012 en un solo día se llegaron a producir 22000 MWh lo que equivale a la potencia generada por 2 centrales nucleares trabajando a plena carga.

Más impresionante es aún decir que estas cifras crecen día a día y que si en 2011 se cubrió el 3% de la demanda, de enero a septiembre del 2012 se cubrió el 6,1% con energía producida por sistemas fotovoltaicos [30].

Por todo esto fue uno de los pioneros en regular el autoconsumo mediante balance neto.

Las condiciones allí son muy favorables para el consumidor, se prima el exceso de producción (es decir lo generado y no consumido), ya solo con consumir lo que uno mismo genera la factura se ve reducida.

El marco regulatorio del país germano en cuanto a balance neto, permite a los usuarios mandar el exceso de electricidad generada por paneles solares a la red y por ello reciben una prima por parte de las compañías distribuidoras.

En un primer momento el gobierno Alemán negoció con las compañías eléctricas con el fin de que estas compraran toda la electricidad proveniente de fuentes renovables y a un precio especial, esto se conoce como tarifa especial, gracias ello el propietario que tiene en su casa instaladas placas solares tiene la tranquilidad de que la energía que no consuma se la van a comprar. Gracias a este sistema regulatorio hace ya 10 años dichas instalaciones se venían rentando en unos 20 años. A día de hoy esta cifra es mucho menor [31].

La forma de que las compañías eléctricas estén al tanto de lo que se consume e cada hogar es conectar dos medidores, uno nos permite ver lo que se suministra a la red y el otro lo que se consume de forma que en la factura solo aparece la diferencia de ambas medidas.

El balance neto, está regulado en este país hasta los 500 kW, se consideró que debía ser así de grande para incentivar la instalación en tejados [32].

Este sistema de tarifas se denomina feed – in y es el más favorable para el generador.

3.2.1.1 Feed in tariff

El Feed-In Tariff más conocido como FIT, es un instrumento normativo impulsado por la ERNC (Energías Renovables No Convencionales), consiste en establecer una tarifa especial o prima por cada unidad de energía inyectada a la red. Este sistema surgió en EE.UU con la PURPA (Public Utility Regulatory Policies ACt) en el año 1978 [33].

Los principales elementos para poder entender la existencia del FIT son tres:

- La autoridad establece una tarifa mínima, sobre precio para la electricidad inyectada proveniente de ERNC, esta tarifa varía en función del tipo de energía del tamaño y de la ubicación.
- Establecimiento de una obligación de acceso a las redes eléctricas a las centrales ERNC para poder asegurar que los generadores estarán en condiciones de entregar el producto.
- Debe existir una obligación de compra de toda la energía inyectada en la red

La última obligación varía en función del país del que se trate.

Se va a comentar a continuación el sistema FIT alemán y sus principales características.

Este sistema consiste en establecer diferentes tarifas por la inyección en la red en función de diferentes factores, como pueden ser el tamaño de la instalación generadora, la energía utilizada, la ubicación. Esta diferenciación se hace para evitar en la medida de lo posible apoyar a centrales o instalaciones que por los factores utilizados son más competitivas y cercanas a las energías convencionales.

Gracias a esto las tarifas más altas serán para la energía solar y geotérmica.

Otro de los factores que caracteriza el sistema FIT alemán es que tiene una disminución progresiva de las tarifas fijadas por la autoridad. Con los años las tarifas fijadas se van reduciendo un determinado tanto por ciento a partir de las originarias. Por ejemplo, una instalación que entre en funcionamiento en el año 2011 recibirá el 100% de la tarifa durante X años, sin embargo las instalaciones que comiencen a funcionar en el año 2012 ya no recibirán el 100% si no que recibirá una aportación menor por el tiempo que reste y así sucesivamente, a medida que pasen los años menores serán las tarifas compensatorias.

Esta disminución varía en función de la energía. Lo que se busca es impulsar el desarrollo tecnológico de aquellas tecnologías menos maduras con una disminución más fuerte con el fin de que las empresas que manufacturen dichas tecnologías se vean presionadas para seguir innovando.

3.2.2 Italia

Uno de los factores que ha hecho que Italia crezca tanto en el sector de las renovables es la falta de combustibles fósiles, esto suponía importantes riesgos económicos y políticos para el país, por ello fue de vital importancia promover otras alternativas, como la energía renovable.

A raíz de que le fueran asignados importantes fondos por parte de la Unión Europea, el desarrollo verde de Italia ha ido mejorado notablemente en los últimos años. Italia junto a otros países recibieron 3,9 millones de euros del programa Energético Europeo. El fin de este programa era mejorar infraestructuras, invertir en energías limpias, construir plantas renovables entre otros muchos motivos [34].

Las energías renovables en Italia también son apoyadas por subsidios del gobierno nacional y local, con sistemas de primas y certificados verdes.

Para ver como de integrado está el tema de la fotovoltaica en Italia se van a detallar algunos de los proyectos que se llevaron en el país.

En 2010 se construyo la planta solar fotovoltaica más grande de toda Europa en Reviriego con una capacidad instalada de 70 MW. Esta instalación abarca 850.000 m^2. El proyecto tardó ocho meses en llevarse a cabo gracias a la solidez financiera y capacidad técnica de MEMC/SunEdison que permitió que las obras empezaran de inmediato.

A día de hoy Italia es la segunda potencia mundial en lo que respecta a instalación de potencia fotovoltaica, como podemos ver en el cuadro de arriba representa un 18,3% de la potencia total instalada, pasó de contar con 12,7 GW a finales del 2011 a tener unos 15,9 GW a finales del 2012 [35].

En Italia ya han alcanzado los objetivos fijados para el 2020 [36] según explica D. David Armanini director de la promotora fotovoltaica Italiana Prothea , añade también en una entrevista realizada por Suelo Solar que todo este crecimiento ha tenido un efecto muy favorable en la economía del país, creando miles de puestos de trabajo. Además se han visto reducidos posibles gastos medioambientales de la Unión europea.

En Italia llevan un sistema de autoconsumo denominado Scambio sul Posto que combina la compensación económica y el crédito por exceso de producción. Existe una tarifa Feed In para el 100% de lo que se produce y un pre registro [19].

Se trata de un contrato que ofrece la posibilidad de poder inyectar la energía producida en la red eléctrica a una tarifa incentivada que se podrá disfrutar más tarde cuando sea necesario, con esto se origina un beneficio igual al valor del incentivo.

Hasta 2008 se trataba de un contrato entre cliente productor y distribuidor local, sin embargo a partir del 1 de Enero del 2009 este contrato es estipulado por la GSE (Gestor de Servicios energéticos) que a su vez se encarga de verificar las instalaciones y de proporcionar los incentivos.

Pueden optar a este tipo de contratos las siguientes instalaciones:

- Instalaciones alimentadas por fuentes de energía renovables de hasta 200 kW siempre que estuviera funcionando no antes del 31 de Diciembre del 2007 [19].
- Instalaciones de cogeneración de alto rendimiento de potencias hasta 200 kW [19].

Las instalaciones de potencias superiores a 200 kW solo podrán optar a vender su energía, nunca beneficiarse de este tipo de contrato.

Realmente el incentivo total es el excedente, ya que existen partes de tarifa fija, más la factura más un crédito en euros o en kWh.

Gracias a este escenario el mercado fotovoltaico italiano está teniendo esta gran subida y ha pasado de ser nulo a existir actualmente casi 16 GW instalados.

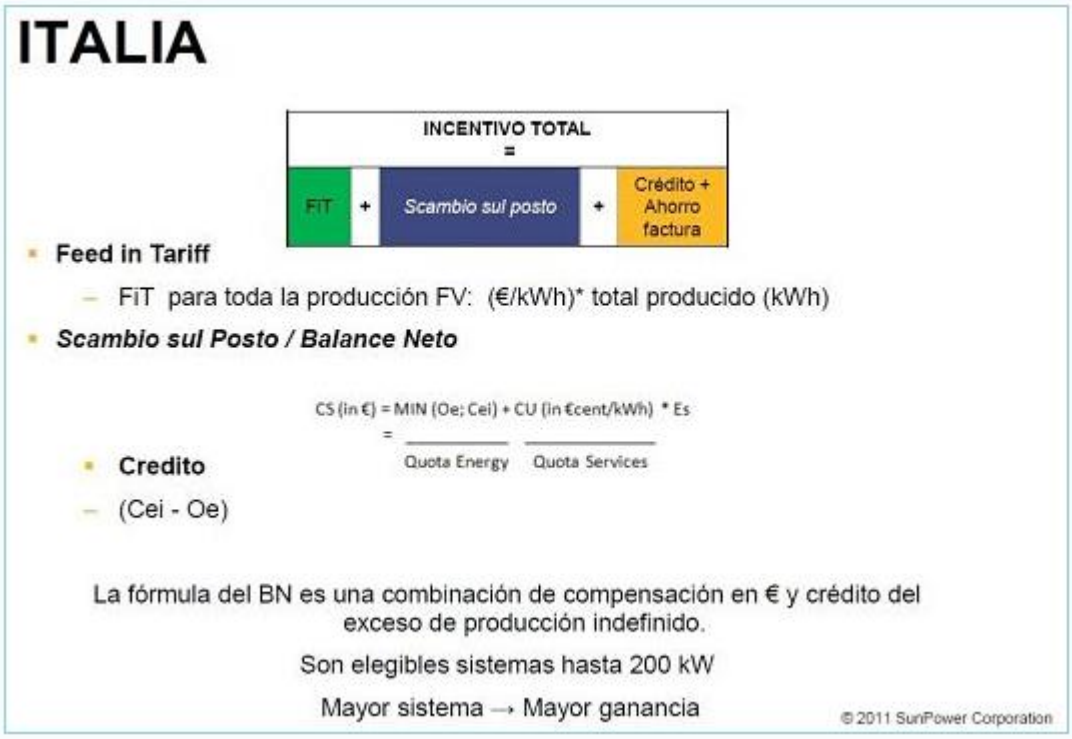


Gráfico 14. Resumen balance neto en Italia.

El balance neto se lleva a cabo en periodos de 12 meses, de tal forma que se hace el balance entre lo consumido y lo inyectado en la red, en función de este valor se opta bien por darles un crédito o un abono. Estos cálculos no se hacen de forma directa es importante tener en cuenta la discriminación horaria.

Como se puede ver arriba la formula que nos permite calcular el Scambio sul Posto es la siguiente.

$$\boldsymbol{C_s = min[O_e; C_{ei}] + C_{us} \cdot E_s}\ \textbf{[19].}$$

$O_e = valor\ en\ euros\ de\ la\ cantidad\ de\ energía\ extraida\ de\ la\ red$

$C_{ei} = valor\ en\ euros\ de\ la\ cantidad\ de\ energía\ suministrada\ a\ la\ red$

$C_{us} = valor\ en\ centimos\ de\ parte\ de\ los\ servicios\ en\ la\ factura\ pagada\ (transporte)$

$E_s = cantidad\ energía\ intercambiada\ o\ mínima\ cantidad\ \ extraída\ y\ suministrada\ a\ red$

Las previsiones dicen que van a surgir cambios en la regulación del balance neto a partir de este año, entre algunos de los posibles cambios está el de que no existirá un máximo de potencia instalada, se introducirá el método de balance neto compartida, el modelo se conocerá como "*tariffa omnicomprensiva".*

3.2.3 Bélgica

Bélgica es otro de los países de la Unión Europea que se encuentra a la cabeza de los países con más potencia fotovoltaica instalada de la Unión Europea.

Aunque las previsiones eran bastante caóticas para lo referente a las energías renovables, por los recortes en subsidios y en benéficos de impuestos, contra pronóstico a seguido aumentando y a finales de 2011 se encontraba con un 2,9% del total de la potencia mundial en lo que a fotovoltaica se refiere lo que vienen a ser unos 2 GW.

En el año 2011 consiguió un nuevo record instalando 880 MW de nuevos módulos fotovoltaicos, de los cuales solo 600 fueron en la ciudad de Flandes. Fue sin duda el mejor año de la historia del país [37].

En ese mismo año se llevo en Bélgica un proyecto pionero en Europa, se pusieron en marcha los primeros trenes movidos por energía sola. Los trenes salen de la estación de Amberes rumbo al norte a la frontera con Holanda.

Utilizan la electricidad producida por 16.000 paneles solares durante unos 10 Km de su recorrido [38].

Los paneles cubren una superficie de 50.000 m^2 y su producción es de 3.300 MWh, con esta cantidad podríamos abastecer el consumo medo de electricidad de unas 1.000 familias en un año [38].

Con esto lo que se consigue es evitar las perdidas del transporte y ahorrar los costes del mismo, sin embrago a día de hoy la cantidad de energía producida es muy pequeña, se está intentando aumentar colocando más placas solares en muchos más tramos del recorrido.

La regulación del balance neto en Bélgica es a través de un sistema hibrido mediante primas y certificados verdes.

El objetivo de los certificados verdes es financiar el coste adicional del suministro de energía procedente de fuentes de energía renovable y garantizar que se produzca en la cantidad deseada, todos los consumidores están obligados a adquirir un determinado número de certificados de energías limpias de acuerdo a un porcentaje fijo de su consumo o producción de electricidad.

En Bélgica solo está regulado el balance neto en instalaciones inferiores a 3 kWp [39].

3.2.4 Dinamarca

Para que se pueda conocer la introducción del balance neto en Dinamarca, se va a analizar primero la introducción de las energías renovables en el país.

Cuando la socialdemócrata Helle Thorning-Schmidt tomó posesión del cargo de primera ministra, dejo claras sus intenciones en lo referente a política energética.

Se aprovechó la celebración del Global Green Fórum celebrado en Copenhague para hablar de dicho tema, Dinamarca no solo es un país con una gran tradición en eficiencia energética si no que tiene grandes ideas para el futuro.

Uno de sus principales objetivos es que toda la electricidad y todos los suministros de calor procedan de energías renovables en el año 2035 [40].

Otro de los objetivos que tienen en mente es poder estar libres de los combustibles fósiles en el 2050 [40].

Estos objetivos a largo plazo ayudan a las compañías eléctricas a poder enfocar sus nuevos planes de inversiones hacia las energías verdes.

La ministra comunicó en una entrevista realizada, que el conseguir estos objetivos no va a ser fácil y que van a tener que tomar decisiones muy duras que afectaran a algunos sectores de la sociedad.

Este país tiene muy claras sus ideas y sabe que el hacer más uso de las energías renovables, repercute en que necesiten un sistema eléctrico más inteligente y más flexible.

Se considera a Dinamarca uno de los principales actores en el desarrollo de las redes inteligentes, tiene un proyecto entre manos denominado EcoGrid UE que se presentará en Bornholm una isla Danesa del Mar báltico, consiste en el desarrollo de una red eléctrica inteligente, basada en el uso de la energías renovables.

Los que se conseguirá con esto es que unos 2.000 consumidores puedan responder a las señales de precios de la electricidad en tiempo real gracias a los contadores inteligentes que equiparan sus casas o negocios.

El interés de Dinamarca por la energía solar en concreto no se detiene, no hace mucho que acaban de instalar una capacidad solar de 200 MW, esta cifra en principio estaba prevista alcanzarse en 2020, actualmente tiene una media de instalación de 36 MW al mes, una cifra realmente impresionante [41].

Detrás de estos logros se encuentras empresas como Dansk Energi, Energinet y DONG Energy, las cuales estiman que para el 2020 en Dinamarca habrán instalados 1.000 MW de capacidad solar, e incluso 3.400 MW para el 2030.

No se debe olvidar que Dinamarca es un país pequeño, con una extensión de 43.000 Km cuadrados y aproximadamente 5.000.000 de habitantes, para hacernos una idea parecida a Aragón.

Fue en 2010 cuando empezó en boom del balance neto en este país.

La forma que tiene de regularlo, es mediante créditos energéticos, permiten al productor introducir los excedentes en la red eléctrica y poder tomarlos cuando les sea necesario, cuando su producción no alcance para cubrir sus necesidades.

Esto solo será posible para instalaciones de menos de 6 kW de potencia [42].

Los beneficios que trae consigo el sistema danés está basado en beneficios fiscales, todos aquellos productores que consuman su propia electricidad no tendrán que pagar el Public Service Obligation, que es un dinero destinado a apoyar las energías renovables.

3.2.5 Reino Unido

El Gobierno del Reino Unido aprobó el año pasado un nuevo plan con el que se pretenden mejorar y potenciar la longevidad y seguridad del futuro del sistema de tarifas a la fotovoltaica en Reino Unido, y así poder conseguir un sistema de primas mucho más cuantioso.

Su principal objetivo era cumplir con los objetivos del 2020 que en su caso era que al menos el 15% de la energía producida proviniese de fuentes de energía renovables [43].

Con este nuevo plan la idea es conseguir que cada vez existan más beneficiarios de dichas primas, así como conseguir una mayor certidumbre para las energías renovables.

Este modelo es de vital importancia para garantizar a los consumidores la rentabilidad a la hora de abonar sus facturas.

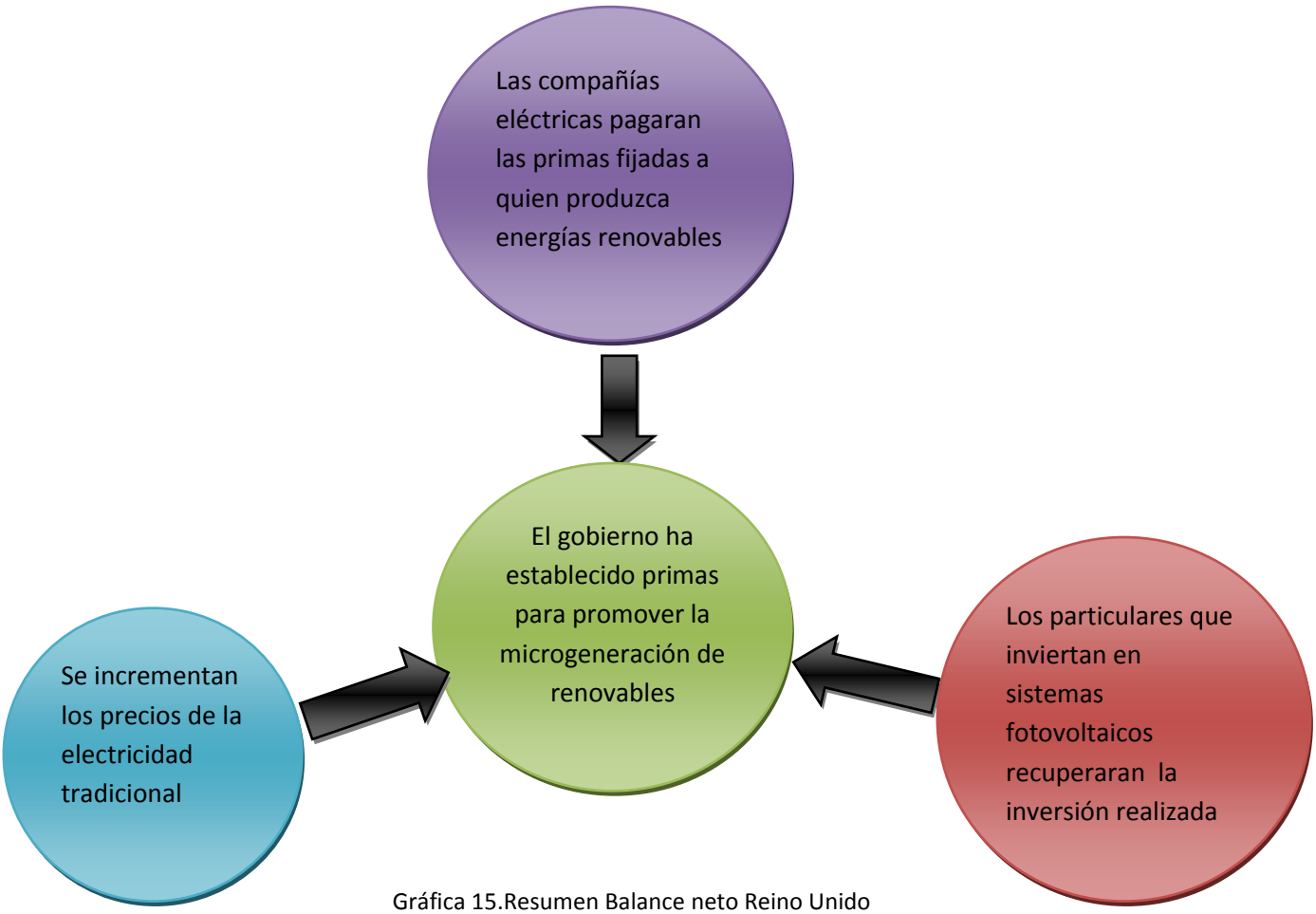
Con esta reforma se anima y se da confianza a los consumidores y a las propias empresas para que inviertan en energía renovable como puede ser la solar, la eólica, hidráulica entre otras muchas.

El sistema de primas fotovoltaicas en Reino Unido (FIT) representa un mecanismo de incentivos que introdujo el gobierno Británico para que cualquier propietario de inmuebles invirtiera en las energías renovables.

Según está hoy en día la legislación, las compañías eléctricas se ven obligadas a pagar una determinada cantidad por cada unidad de electricidad producida a partir de energías renovables.

Con esta medida el propietario podrá recuperar el dinero invertido dentro de un plazo razonable.

Estas primas se abonarán durante un periodo de 25 años solo para la fotovoltaica, ya que para el resto este periodo será de 5 años menos [43].



Gráfica 15.Resumen Balance neto Reino Unido

Las primas se empezaron a aplicar en abril del 2010, aunque cada particular recibirá durante 25 años las primas, estas se irán reduciendo con la intención de animar a los que quieren invertir en renovables que lo hagan cuanto antes, ya que cuanto más dejen pasar el tiempo menos beneficios recibirán [43].

Las tarifas están pensadas de tal forma que cada particular recibirá en torno a un 8-12% de la inversión inicial realizada [43].

El tope máximo de generación es de 5 MW [43].

Existen tres tipos de tarifas:

- Tarifa de generación: se aplica en función de todos los kW producidos.
- Tarifa de Exportación: se aplica a los excedentes producidos y como máximo puede ser de 3,1 peniques por kW.
- Tarifa de Importación: se trata del precio final del kWh que el cliente paga en el punto de consumo.

Aunque el Reino Unido se encuentre lejos de la paridad de Red gracias a este sistema de tarifas que permite un ahorro importante en la factura final el autoconsumo por balance neto se ha hecho muy atractivo dentro del país.

TARIFAS FOTOVOLTAICAS

Tarifas actuales y propuestas

Capacidad total instalada (kW)	Tarifa actual (p/kWh)	Tarifa propuesta (p/kWh)
≤4 kW (nueva construcción)	37,8	21,0
≤4 kW (edificios preexistentes)	43,3	21,0
>4-10 kW	37,8	16,8
>10-50 kW	32,9	15,2
>50-100 kW	19	12,9
>100-150 kW	19	12,9
>150-250 kW	15	12,9
>250 kW-5MW	8,5	8,5
sistema autónomo	8,5	8,5

Fuente: DECC

Gráfica 16. Tarifas fotovoltaicas del Reino Unido.

3.2.6 Francia

Francia cuenta con uno de los mercados solares térmicos más importantes de toda Europa, su objetivo es generalizar el uso de esta fuente de energía para la obtención de agua sanitaria.

Se quieren equipar 7 millones de viviendas antes del 2020, lo que equivale aproximadamente a un tercio de la población francesa [44].

En cuanto a la energía solar fotovoltaica podemos decir que ha experimentado un espectacular crecimiento en la última década y todo ello debido a una serie de factores como por ejemplo la recompra de la energía a unas tarifas muy atractivas.

En Diciembre de 2009 según datos del Sindicato de Energías Renovables, el parque fotovoltaico francés se había triplicado en menos de un año [44]. Esto en gran parte se debe a la gran demanda de conexión a la red movida por la bajada de las tarifa de compra de la electricidad, a la vez que subían las tarifas de venta. Las compañías te compraban la electricidad a un precio más alto al que te la vendían.

El productor puede optar bien por vender toda su energía y lo que necesite, comprárselo a un precio más bajo a la compañía eléctrica o bien consumir su propia energía y vender los excedentes.

Esté crecimiento se frenó en 2010 debido al anuncio del nuevo orden tarifario y a la suspensión de obligatoriedad de compra de electricidad producida por determinadas instalaciones [44].

Las tarifas eléctricas en Francia son las siguientes:

TIPO DE INSTALACIÓN / POTENCIA			TARIFAS 01/07/2011 30/09/2011 (Impuestos no incluidos)
RESIDENCIAL	Integrado al edificio	0-9 kWp	42,55 c€/kWh
		9-36 kWp	37,23 c€/kWh
	Integración simplificada en el edificio	0-36 kWp	27,46 c€/kWh
		36-100 kWp	26,09 c€/kWh
EDIFICIOS EDUCACIÓN O SALUD	Integrado al edificio	0-9 kWp	36,74 c€/kWh
		9-36 kWp	36,74 c€/kWh
	Integración simplificada en el edificio	0-36 kWp	27,46 c€/kWh
		36-100 kWp	26,09 c€/kWh
OTROS EDIFICIOS	Integrado al edificio	0-9 kWp	31,85 c€/kWh
	Integración simplificada en el edificio	0-36 kWp	27,46 c€/KWh
		36-100 kWp	26,09 c€/kWh
OTRAS INSTALACIONES		0-12 MW	11,668 c€/kWh

Gráfica 17. Tarifas eléctricas de Francia.

3.2.7 Holanda

En los últimos años Holanda ha sido uno de los países Europeos que más a crecido en el mundo de las renovables.

Tanto es así que se le puede considerar pionero en uno de los proyectos más innovadores de los últimos años.

Este proyecto consiste en convertir sus carriles bici en generadores de energía eléctrica mediante el uso de placas solares. Está energía iría destinada a la iluminación pública o incluso al uso residencial.

Esta tecnología podría llegar a producir 50 kWh por metro cuadrado [45].

La potencia instalada en Holanda ha crecido de forma exponencial en los últimos 5 años hasta alcanzar los 75 MW instalados en 2012 Este crecimiento se debe a los apoyos que reciben las instalaciones de energías renovables y las subvenciones, como por ejemplo el pago de incentivos.

Recibirán una tarifa de 0,33 €/kWh durante los primeros 15 años, todas aquellas instalaciones de entre 0,6 kW y 3 kW desde el 2008.

Habrá otras tarifas especiales del tipo net-metering de 0,234 €/ kWh.

3.3 EXPERIENCIAS FUERA DE LA UNIÓN EUROPEA

3.3.1 California

Estados Unidos es un país que apoya muy de lleno las energías renovables, de aquí que hace unos años el gobierno federal aprobara un proyecto solar de miles de megavatios en terrenos federales del sur de California, este proyecto se desarrollará en el desierto de Mojave, a día de hoy es el proyecto más grande que se ha planeado en terrenos público.

El secretario de Interior Ken Salazar dijo que esto acarrearía un costo de 6.000 millones de dólares y que significará el auge de la energía solar [46].

El proyecto se llevará a cabo en 2.800 hectáreas.

Este no es el único proyecto que se ha llevado a cabo hay 6 más y uno en camino de aprobarse, todos juntos generarían más de 3.000 MW de electricidad aproximadamente lo necesario para abastecer a 2.000.000 de hogares.

Todos estos proyectos son un buen estimulo para las energía renovables para incentivar la inversión en este tipo de energías limpia.

California constituye un claro ejemplo de autoconsumo, es el estado más antiguo de EEUU que cuenta con net metering, desde 1996 y a su vez el que más éxito ha tenido [47].

La potencia acogida en California en 2008 fue de 386 MW. Un 95% de los cuales, 365 MW, correspondió a energía fotovoltaica. En este estado existe un límite de potencia de 1 megavatio, otros estados tienden a incrementarlo hasta 2 megavatios o más. Los principales tipos de usuarios se encuentran en los sectores comercial, industrial, residencial y agrícola [31].

La ley que regula en california la compensación de la medición neta es la Ley AB 920[48].

En California lo que se hace es inyectar la energía FV excedente a la red de forma que el usuario solo pagará la diferencia entre energía extraída y la inyectada.

Lo que sucede es que la energía FV que se inyecta en la red genera un crédito de valor igual al menor precio de la electricidad, tras finalizar un plazo de 12 meses [49], es el cliente quien decide si alargar este plazo de manera ilimitada o por el contrario recibir una compensación económica.

Una de las cosas más favorables que tiene es, que los costes causados por la inyección de los excedentes en la red corren a cargo de las compañías eléctricas y no a cuenta del consumidor. Uno de los costes que si acarrean son los costes Administrativos.

3.3.2 México

El mercado solar fotovoltaico en México en 2012 alcanzo los 14 MW instalados, duplico los valores obtenidos en el año anterior el 2011 [50].

Se espera a que el crecimiento siga el ritmo en los años siguientes.

Un estudio realizado por la ANES (Asociación Nacional de Energía Solar) estima que se han instalado en los últimos años unos 60.000 paneles esto representa un enorme avance si consideramos que el auge de esta fuente de energía se dio hace tan solo 5 años.

Este crecimiento ha corrido por cuenta propia ya que no han contado con ningún tipo de apoyo ni de subsidio.

Desde junio del 2007 México tiene un esquema de interconexión para fuentes de energía fotovoltaica a pequeño baja escala para todas las regiones donde opere La Comisión Federal de Electricidad [51].

Algunas de las ventajas que facilitan a este país el uso del sol como fuente de Energía son las siguientes:

- Es un país con un gran nivel de insolación
- La radiación solar se convierte directamente en energía eléctrica
- Se genera única y exclusivamente la cantidad requerida
- Es muy fácil de instalar
- Los costes cada vez son menores
- Mínimo mantenimiento
- Periodo de vida relativamente largo (20 años aproximadamente)

Este sistema mexicano permite al productor/consumidor inyectar los excedentes en la propia red de forma que se le otorgan unos créditos de energía que podrá usar más tarde con vigencia de un año.

En caso de que el balance neto de positivo al finalizar el mes, esos excedentes se guardarán sin coste alguno por parte de la distribuidora por un periodo de un año [51]. En caso de que sea negativo, primero se mirará si tenemos excedentes de meses anteriores, de ser así se empezarán a descontar del mes más antiguo al más nuevo hasta dejar el saldo a cero, en caso de no disponer de suficientes excedentes para contrarrestar pagaremos la diferencia, si la diferencia es más pequeña que el coste de la tarifa mínima por producir, se le cobrará esta última en lugar de la diferencia entre lo consumido y lo generado.

3.3.3 Canadá

Canadá alberga la mayor instalación de energía solar del planeta, el parque cuenta con 1,3 millones de paneles solares que entregan 120.000 MWh de forma anual. Se prevé aumentar en nueve etapas la instalación y así aumentar la producción energética [52].

Esta instalación se sitúa a las afueras del estado en la localidad de Sarnia en Ontario.

Es curioso que la mayor instalación fotovoltaica se encuentre en un país que se caracteriza por sus largos inviernos.

En alguna de sus ciudades más importantes como Ontario se permite la medición neta de hasta 500 kW su legislación se basa en un sistema de créditos que permite inyectar en la red los excedentes de energía producida, a cambio de unos créditos que le permiten más adelante usarlos en caso de que no lleguen a producir la energía necesaria, el plazo para usar estos créditos es de 12 meses, si en un plazo menor se usan parte de estos, el plazo vuelve a empezar desde ese momento [53].

Al final del periodo estipulado el cliente únicamente pagará la diferencia entre lo consumido y lo inyectado.

3.3.4 Japón

El año 2011 fue el año en el cual Japón decidió apostar fuerte por las energías renovables, esta necesidad surgió a raíz del desastre de Fukushima.

Se paso de no recibir ningún tipo de tarifa por los excedentes generados a recibirlos, con esto se llegó a duplicar la generación.

El Ministerio De Economía, Comercio e Industria en 2011 anunció las tarifas que se pagarían a todos aquellos que produjesen electricidad a partir de fuente de energías renovables.

El objetivo del gobierno nipón es elevar en los próximos diez años la potencia renovable por encima de los 30.000 MW y está dispuesto a pagar lo que sea necesario para conseguirlo [54].

Las tarifas que se pagarán por la energía solar fotovoltaica será de 42 yenes el kWh para instalaciones cuya potencia fuese inferior a 10 kW. Esto viene a ser unos 0,42 c€ y lo pagará durante un periodo de 20 años [54].

El desarrollo de las energías renovables acarreará unos recargos en las facturas de la luz que supondrían un aumento del 1,2% [54].

3.3.5 Brasil

El 17 de Diciembre de 2012, entró en vigor, en Brasil el Reglamento 482/2012, que permite a sus ciudadanos el desarrollo del Net Meetering, con el fin de impulsar dentro del país la energía fotovoltaica.

Desde ese momento todos los consumidores que generen su propia energía y que ofrezcan sus excedentes a los servicios públicos, podrán ver reducidas sus facturas.

Esta posibilidad está prevista en la resolución de la Agencia de Energía Eléctrica, por la que hogares y negocios microgeneradores, con potencias instaladas de hasta 100 kW o hasta 1 MW si se trata de minigeneración distribuida [55], tendrán derecho a compensar de manera proporcional la cantidad de energía transferida en un plazo de 36 meses de forma gratuita [55].

Según dice Ricardo Baitelo, coordinador De la Campaña de energía y clima de Greenpeace en Brasil, esta es un amanera de estimular y avanzar en lo que a energía solar se refiere.

Una de las ventajas que tiene este país, es que el sol brilla de forma permanente todo el año, exceptuando, ocasiones puntuales, por ello, será un continuo cambio de energía por el día las placas generan energía de forma constante y por las noches los consumidores tomarán energía de la red.

En el caso de que alguien esté interesado en esto, se lo comunicará a la distribuidora, la cual dispondrá de 80 a 100 días para permitir el negocio [55].

Los distribuidores a cambio del negocio, piden una serie de requisitos técnicos a la hora de integrar los mini generadores, para poder asegurarse que el sistema cumple con todos los requisitos de seguridad, y así poder evitar posibles accidentes.

3.3.6 República dominicana

La República Dominicana ya cuenta con más de 35 empresas y hogares usuarias del sistema Net Meetering, los resultados que están obteniendo son excelentes. Aportan aproximadamente unos 580 kW/h al Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI) [56].

Las empresas que están haciendo esto posible son Edesur, Edenorte y Edeeste.

Cualquier persona interesada en instalar en su casa un equipo con el que autoabastecerse y a la vez aportar los excedentes a la red, desde julio del 2011 puede solicitar que se le instale un contador que sea capaz de medir tanto lo que se consume como lo que se genere.

Todos aquellos clientes acogidos a este sistema recibirán la devolución del 75% del coste que les ha supuesto la instalación de los equipos de generación, en un periodo de tres años.

En caso de que la compensación neta salga a favor de la compañía, el cliente pagará la diferencia más un término fijo correspondiente a la tarifa contratada por el usuario y un cargo por potencia máxima.

En caso de que esta diferencia salga a favor del cliente, es decir que se genere más de los que se ha consumido, se le realizará un debito por potencia y cargo fijo, considerando la máxima potencia de exportación como si fuese de consumo por el valor que esta tendría. Se dispondrá de un plazo límite de 12 meses para recuperar dichos excedentes [57].

En caso de que se acabe el plazo se devolverá el 75% del valor de dichos excedentes, el 25% restante irán destinados a programas de eficiencia energética [57].

Este programa permite una capacidad máxima de interconexión de 25 kW para clientes residenciales y de 1 MW para el resto [56].

3.3.7 Hawaii

En los últimos nueve años la legislación del balance neto en Hawaii, ha cambiado cinco veces, esto es debido a las continuas subidas del precio del petróleo, que hacen que cada vez más personas inviertan en instalaciones renovables para autoabastecerse. El gobierno ve en esto un beneficio para el propio país, por ello se está esforzando en fomentar su crecimiento.

El net meetering, fue introducido en Hawaii en 2001. Esta ley permitía a los propietarios, instalar fuentes de energía renovable en sus propias casas y abastecerse de ellas. En 2004, se consiguió ampliar la capacidad de estos sistemas de 10 kW a 50 kW [58]. Sin embargo aunque se amplio la capacidad, no se reconoció ningún crédito para premiar el exceso de producción y su inyección en la red más allá del periodo de un mes.

En el año 2005 ya se comenzaron a reconocer los excesos de electricidad como créditos reconocidos en el periodo de un año [58]. Se conocía como NEG (generación neta excesiva). Consistía en hacer una compensación de la electricidad en base a doce meses. Actualmente estos créditos se transfieren mes a mes, pero expiran en el periodo de un año.

En el año 2008 se introdujeron diferencias en función de las tres grandes compañías hawaianas existentes (HECO, HELCO y MECO) y una corporativa eléctrica (KIUC).

- Para los clientes de HECO, la capacidad del sistema individual máxima pasó a ser de 100 kW.
- Para los clientes de la compañía HELCO Y de la empresa MECO ambas subsidiarias de HECO la capacidad máxima de un sistema individual también es de 100 kW.
- Para los clientes de KIUC (Kauai Island Utility cooperativa) la capacidad máxima será de 50 kW.

Actualmente se está estudiando llevar a cabo un sistema FIT, es decir que las compañías pague por cada kWh que se les inyecte [58].

3.3.8 Chile

En Chile se impulsó la entrada de las Energías Renovables no convencionales en el campo de la generación a partir de la Ley 20.257 de 2008. Fue un primer acercamiento al concepto de redes inteligentes y generación distribuida., no se consideraba la potencia de entrada del consumidor-generador.

Se presentaron cuatro proyectos de ley que introducían la medición neta, estos son los siguientes:

1. Proyecto 6424 del 2008. Establece descuento y pago de las tarifas eléctricas a los generadores residenciales.
2. Proyecto 6650 del 2008. Fomenta la generación residencial de energía a través de sistemas de medición neta de electricidad.
3. Proyecto 6424 del 2009. Instaura la medición neta en el sistema eléctrico nacional.
4. Proyecto 6898.1 del 2009. Obliga a las compañías concesionarias de suministro eléctrico a permitir la conexión de sistemas de medición neta que facilite la generación de las renovables.

El año pasado se aprobó el proyecto que regula el pago de tarifas eléctricas a los generadores residenciales.

La ley 20.571 establece el derecho de los clientes que tengan medios para producir su propia energía a partir de fuentes renovables o de cogeneración, a inyectar los excedentes a la red de distribución. Este derecho solo está establecido para clientes con potencia que no superen los 100 kW [59].

La inyección de esta energía será valorizada al precio al que las empresas traspasan la energía a sus clientes.

Las remuneraciones por las inyecciones de energía se descontaran de la factura mensual en caso de que el valor salga a favor del cliente, lo inyectado se acumulará para el siguiente mes.

En caso de no poder compensar en los próximos meses los excedentes producidos por el cliente, en lugar de perderse, la distribuidora pagara por ello al cliente.

3.4 ANALISIS COMPARATIVO

El estudio que se va a llevar a cabo a continuación, consiste en analizar los factores que más pueden afectar o influir en el desarrollo del balance neto en un país, todo esto, con el fin de ver en qué situación se encuentran dichos factores en España y hacer así una estimación fiable de cómo podría desarrollarse el net metering en nuestro país.

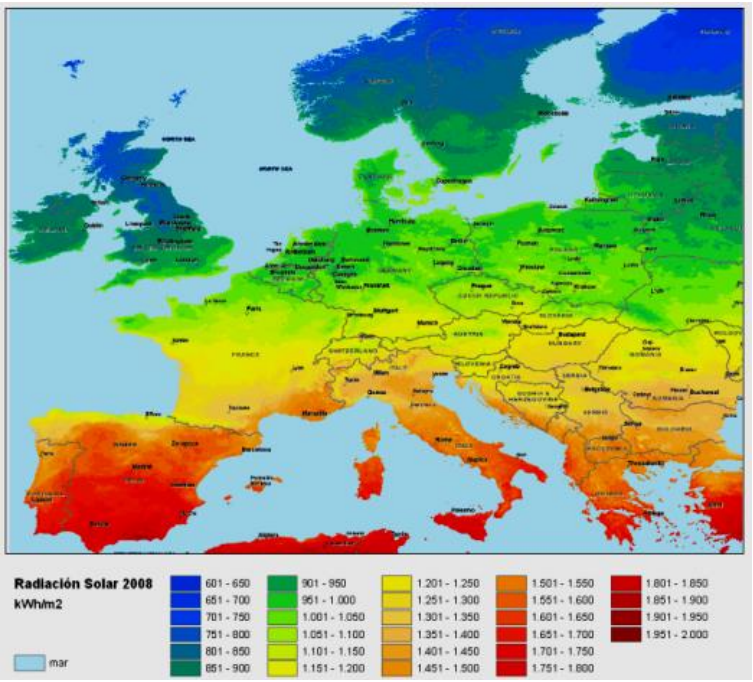
La idea es ver en qué situación se encuentro los factores a analizar en los países descritos en los puntos 3.1 y 3.2, ver cómo han afectado al desarrollo del balance, si han sido positivos o negativos a la hora del desarrollo.

Para ello se va a empezar analizando y describiendo los factores de mayor influencia.

- **Recurso solar**: Cantidad de radiación solar que incide sobre un país, dependiendo de la situación geográfica del mismo la radiación será mayor o menor. En función de esto se podrá sacar más o menos partido a la fotovoltaica ya que no es lo mismo un país cuyo clima habitual sea lluvioso a otro donde constantemente este brillando el sol. A mayor radiación solar mayor rendimiento de las placas solares y mayor cantidad de energía eléctrica se producirá. De aquí que este factor sea muy importante para fomentar las instalaciones fotovoltaicas tanto en viviendas unifamiliares, como edificios, oficina u otros emplazamientos.
- **Precios de los equipos**: El precio de los equipos que componen la instalación fotovoltaica, también es un factor muy importante, de el depende que la gente se anime más o menos a la hora de decidirse a producir su propia energía limpia.
  De unos años aquí el precio de los equipos ha caído en picado.
- **Ayudas**: Muchos son los países que ofrecen ayudas para fomentar las energías renovables, gracias a ello la mayoría de los países que hoy día consideramos como los más adelantados en el tema del balance neto han llegado a donde están. El hecho de prestar ayudas y subvenciones para que puedan hacer frente a los gastos que conlleva llevar a cabo una instalación de este tipo puede motivar a la gente a que invierta en renovables.
- **Costes por servicios prestados al balance neto**: Con esto nos referimos al dinero que se debe pagar a las comercializadoras por los servicios que nos puedan prestar.
- **Tiempo que se guardan los excedentes**: Cuando un productor-consumidor genera más energía de la que consume, esta es entregada a la red. Estos excedentes, generan unos créditos que el cliente puede recuperar en un periodo de tiempo mayor o menor en función del país que se analice.
- **Paridad de red**: Como se ha explicado en el apartado 1.2.4 se trata del momento en el que al consumidor le cuesta lo mismo generar que comprárselo a las distribuidoras. Según muchos investigadores del tema de las renovables, este factor es determinante para que el balance neto salga adelante en un país.
  Por ello es interesante ver en qué punto de la paridad de red se encuentran los países más adelantados.

3.4.1 Recurso solar

Para ver cómo afecta este factor a los diferentes países se van a observar una serie de mapas termográficos como el que se ve a continuación, además se va a necesitar la ayuda de PVGIS, programa que permite calcular la irradiación en cualquier punto de Europa y África.



Gráfica 18. Mapa radiación solar Europeo.

Alemania es un país donde la radiación solar es bastante escasa para mayor exactitud se ha de decir que la media anual es de 1.240 kW/m^2 [60]. Dentro del propio país existen diferentes puntos de irradiación, las ciudades más favorables serían las situadas más al sur del país como por ejemplo Múnich, Augsburgo, Stuttgart.

Italia sin embargo es un país más cálido donde la radiación solar es mayor que en Alemania, según datos obtenidos del PVGIS, la radiación media anual del país es de 1.920 kW/m^2 [60], algunos ejemplos de las ciudades italianas donde más incide el sol son Calabria, Sicilia y Puglia.

La radiación solar en Bélgica, Dinamarca y Holanda, es muy similar a la del país germano. La media anual de radiación solar en Bélgica es de 1.250 kW/m^2 [60] y la de Dinamarca y Holanda ambas de 1.210 kW/m^2 [60].

El Reino Unido es uno de los países donde menos incide el Sol de toda la Unión Europea, junto a los países nórdicos.

Ciudades como Escocia situada al norte del país, apenas supera los 600 kW/m^2, la radiación se va incrementando en la zona sur del Reino Unido. Sin embargo lo interesante y con lo que se está trabajando es con la media anual del país, que en este caso es de 992 kW/m^2 [60].

En Francia, el sol tampoco brilla con mucha fuerza, pero sin embargo si supera a la mayoría de los países Europeos, su radiación media anual es de 1.480 kW/m^2 [60].

A continuación se puede ver una grafica que representa la media de radiación solar de los países europeos.

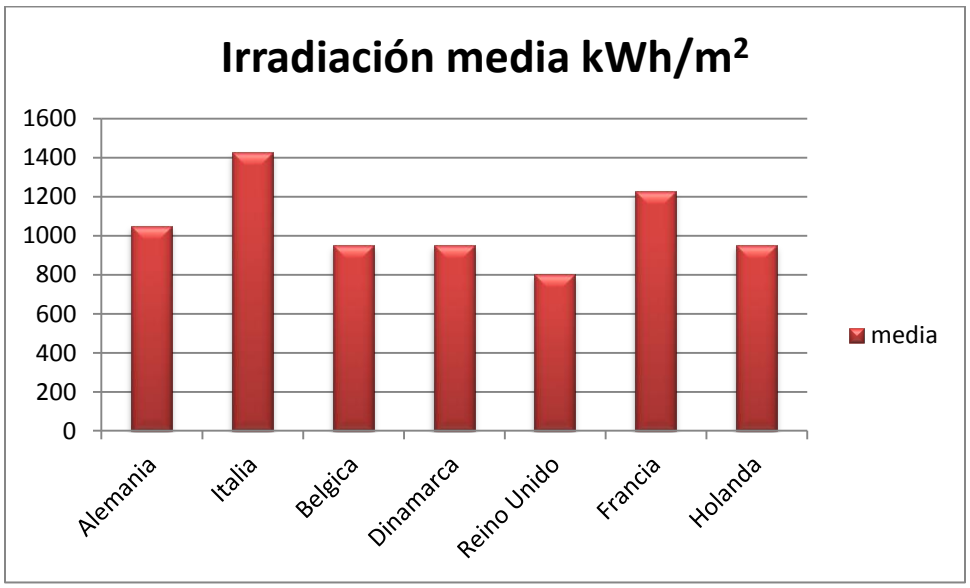
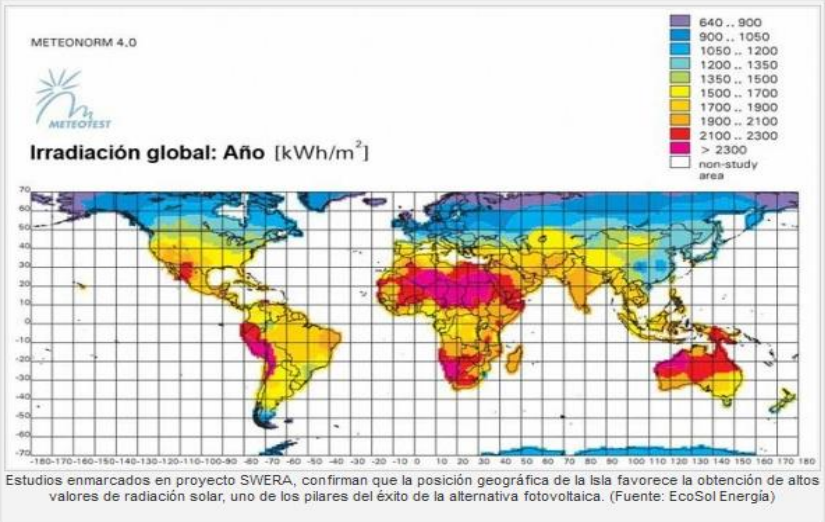


Gráfico 19Comparativa radiación solar Europa.

Una de las primeras conclusiones que se observan, es que unos de los factores que se han considerado como más importantes para el desarrollo de la fotovoltaica, como es el que brille el sol el mayor número de horas posibles, no se presenta con mucha fuerza en los países más importantes y adelantados en cuanto al tema de balance neto.

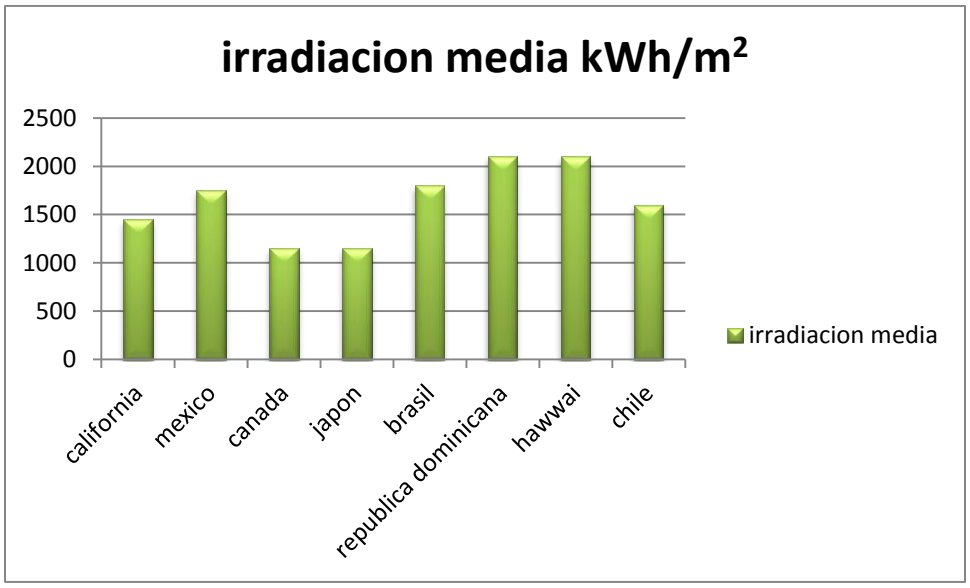
A continuación se analizará la radiación en los países no europeos de los que se habló en el apartado 3.2.



Gráfica 20. Mapa radiación solar del mundo.

La radiación de California está entre 1.300-1.600 kWh/m^2 [61], la de México ronda los 1.500-2.430 kWh/ m^2 [61], Canadá 1.000-1.300 kWh/ m^2 [61], Japón va desde los puntos de menos radiación 700 kWh/ m^2 hasta los 1.600 kWh/ m^2 [61] en la zona situada más al sur de Japón. En Brasil la radiación solar es muy elevada se sitúa entre 1.700 y 1.900 kWh/ m^2 [61], En la República Dominicana la radiación es aún mayor llegando a alcanzar en algunos puntos los 2.100 kWh/ m^2 [61]. La radiación solar en Chile es muy variable en función de la zona, en el sur de chile Punta Arenas o Puerto Natales, la radiación es más escasa, ronda los 900 kWh/ m^2 sin embargo hacia el norte del país ciudades como Arica, Camala, la radiación puede alcanzar los 2.300 kWh/ m^2 [61].

La radiación en estos países es bastante alta, sin embargo se han encontrado países en los que dependiendo en que zona te encuentres se puede pasar de un extremo a otro, para poder mostrar una ligera idea se han hecho media de aquellos países en los que la irradiación es muy fluctuante.



Gráfica 21 Comparativa radiación solar en el mundo

3.4.2 Precio de los equipos

Es importante hacerse una idea de la caída de precios que se han detectado en las tecnologías fotovoltaicas, para ello se van a analizar dos noticias de una misma revista con una separación de 2 años en su publicación. [Photon.com].

El 8/12/2010 la revista Photon publicaba que los precios de venta de módulos solares en el mercado spot alemán apenas habían sufrido cambios. Los primeros meses del año los precios aumentaban a un ritmo muy moderado aproximadamente un 4,8%, sin embargo en los últimos meses esta continua subida sufrió un frenazo y pasó a ser del 0,5 % [62].

Los precios que se barajaban en ese momento eran los siguientes:

- 1,61 € por W para los módulos monocristalinos [62].
- 1,65 € para los multicristalinos [62].
- 1,19 € los módulos de capa delgada [62].

Sin embargo una misma noticia publicada el 1/09/2012 habla de los mismos productos y el mismo mercado pero a precios sorprendentemente más bajos.

Cuenta que los módulos fotovoltaicos experimentan un fuerte descenso de su coste.

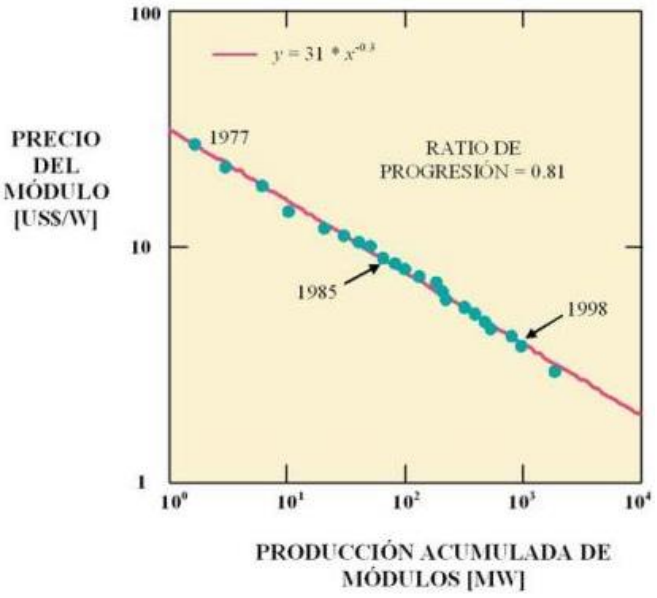
En este momento los precios en el mercado spot alemán son los siguientes:

- módulos fotovoltaicos multicristalinos 0,59 c€/W [63].
- módulos monocristalinos 0,65 c€/W [63].

Esta comparativa está únicamente centrada en un mercado, sin embargo es suficiente para que se tenga una clara percepción de la disminución tan grande que han sufrido los precios de las instalaciones fotovoltaicas.

Se habla de que esta reducción de los precios fue debida a las importantes mejoras de las economías de escala y a las grandes eficiencias que se han conseguido, todo ello debido a su vez al gran incremento de la demanda.

Esto hace que se haya seguido lo que se conoce como Ley de Swanson. Esta ley afirma que el precio de los paneles disminuye en torno a un 20% en el momento que se dobla la producción mundial de los mismos [64].



Gráfica 22 Relación precio módulos FV con su producción.

Es de comprender entonces que países como Alemania Italia, Chile, Estados Unidos, cuando se adentraron en el mundo de la fotovoltaica, tuvieron que hacer frente a gastos mucho más mayores, que los que se tendrían que afrontar a día de hoy. Esto, influye a su vez en el periodo de retorno. A mayor inversión inicial, mayor será el tiempo de retorno.

Se habla de unas bajadas en los precios de en torno al 45%, este es un punto que juega a nuestro favor ya que se partiría de una inversión más baja que la que tuvieron que afrontar los países que se introdujeron en el balance neto unos cuantos años atrás.

Por el momento, los precios continuarán con esta tendencia de bajada, no se esperan por el momento subidas, ya que se trata de un mercado maduro, y que no deja de invertir en nuevos desarrollos.

A demás de esto también influye el aumento continuo de la eficiencia de las placas, así como el rendimiento por unidad de radiación solar.

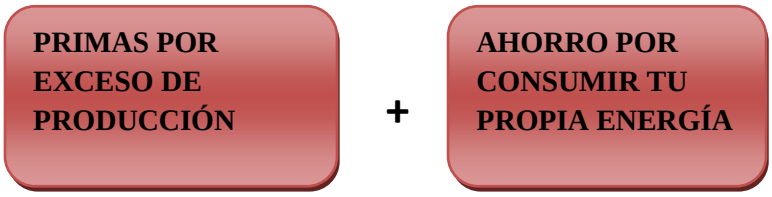
Se está hablando de un estudio del instituto de tecnologías de Massachusen liderado por Tonio Bunoasisi, en el que se afirma que se está desarrollando tecnología para construir placas a un coste de 0,39 €/Wp. Este factor va a ser de gran ayuda para sacar conclusiones de si puede o no funcionar el balance neto en nuestro país.

3.4.3 Ayudas

En este apartado se va a recopilar toda la información en cuanto ayudas que se les presta a los usuarios que instalan autoconsumo en sus viviendas.

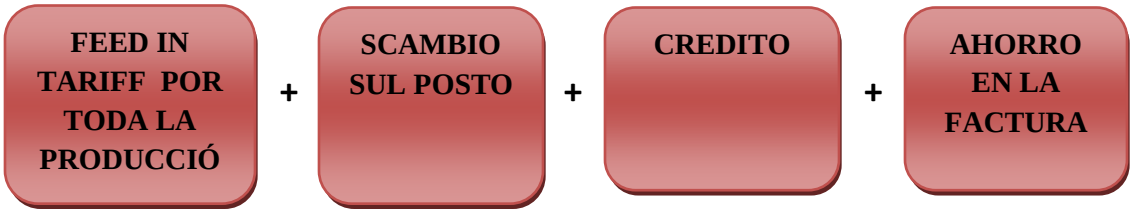
3.4.3.1 Paises europeos

3.4.3.1.1 Alemania



Este sistema Alemán es muy beneficioso para el ciudadano todo lo que se genere de más, es decir los excedentes, son primados por parte de las compañías distribuidoras, esto es un beneficio muy grande para el prosumidor ya que incentivan su producción. Además por el simple hecho de consumir su propia energía ya están viendo reducidas las facturas.

3.4.3.1.2 Italia



El modelo Italiano paga una tarifa por cada kW de energía producido mediante autoconsumo. Además de eso cuentan con un sistema llamado Scambio Sul Posto que determina año a año si deben dar un abono por lo inyectado o por lo contrario un crédito indefinido de energía. Además de todos estos beneficios ahorran en la propia factura por el hecho de autoconsumir.

3.4.3.1.3 Bélgica

El país Belga se decanto por la concesión de primas por toda la producción a partir de fuentes renovables. A demás trabajan con certificados verdes, todo aquel que opere en la red debe demostrar que parte de su producción procede de fuentes renovables, estos créditos les son otorgados a los generadores-consumidores cuando entregan excedentes a la red.

3.4.3.1.4 Dinamarca

Dinamarca se acercaría más a lo que se pretende implantar en España, en el país danés prefirieron otorgar créditos por los excedentes generados, es decir dar la opción al generador-consumidor de usar esos excedentes cuando le sean necesarios. Además de esto se libran de pagar unas tasas públicas para ayudar a las renovables. Como en los casos anteriores también ahorran por el simple hecho de consumir su energía.

3.4.3.1.5 Reino Unido

En el Reino Unido, la regulación dice que se ha de pagar una tarifa FIT por todo lo producido y además otra adicional por lo exportado a la red, o lo que es lo mismo los excedentes. A todo esto se le añade el propio ahorro.

3.4.3.1.6 Francia

El caso Galo, es diferente al Reino Unido, su regulación dice que se debe elegir si acogerse a un sistema Feed in Tariff donde te remuneren por todo lo producido, o si por el contrario prefieres que te den una tarifa por los excedentes generados. A esto se le suma como en todos los caso el propio ahorro.

3.4.3.1.7 Holanda

Holanda es un país que también ofrece muchos beneficios al propietario de autoconsumo, durante los primeros 15 años se le paga una determinada tarifa por todos los kW producidos, y además se prima esta producción a partir de fuentes renovables, si a esto se le suma el propio ahorro por generar y consumir tu propia energía, se tiene un sistema muy beneficioso.

3.4.3.2 Países no europeos

3.4.3.2.1 California

CREDITOS POR LOS EXCEDENTES GENERADOS + **AHORRO POR CONSUMIR TU PROPIA ENERGÍA**

La forma que california, tiene de gestionar el net metering, es la que más se acerca a lo que puede que sea el futuro de España, este estado se centran en el método de créditos por cada kW entregado a la red (por excedentes producidos). Además se añade el ahorro de siempre por autoconsumir.

3.4.3.2.2 México

EN CASO DE PRODUCIR EXCEDENTES SE INYECTARAN EN LA RED Y SE OTORGARÁN UNA SERIE DE CREDITOS PARA SU USO POSTERIOR. + **AHORRO POR CONSUMIR TU PROPIA ENERGÍA**

El caso de México es similar al de resto de países, en caso de que el cliente genere un exceso de producción, esto se mandará a la red y se podrá recuperar durante el plazo de un año y compensar así futuras balances negativos donde no se produzca lo suficiente.

3.4.3.2.3 Canadá

CREDITOS DE ENERGÍA POR VALOR DE LOS EXCEDENTES GENERADOS + **AHORRO POR CONSUMIR TU PROPIA ENERGÍA**

En Canadá la ley es muy similar por no decir igual que la Californiana, al entregar tus excedentes a la red, se te conceden unos crédito que más tarde podrás canjear en caso de necesitar energía. El ahorro de las facturas también es un dato muy importante.

3.4.3.2.4 Japón

TARIFA POR kWh PRODUCIDO DURANTE LOS 20 PRIMEROS AÑOS + **AHORRO POR CONSUMIR TU PROPIA ENERGÍA**

En Japón la regulación del net metering dice que se paga por todos los kW producidos durante los 20 primeros años, esto dan unos beneficios y unas facilidades inimaginables a los ciudadanos japonés para lanzarse a invertir en autoconsumo. A demás está el tan hablado ahorro de las facturas.

3.4.3.2.5 Brasil

CREDITOS POR LOS EXCEDENTES GENERADOS + **AHORRO POR CONSUMIR TU PROPIA ENERGÍA**

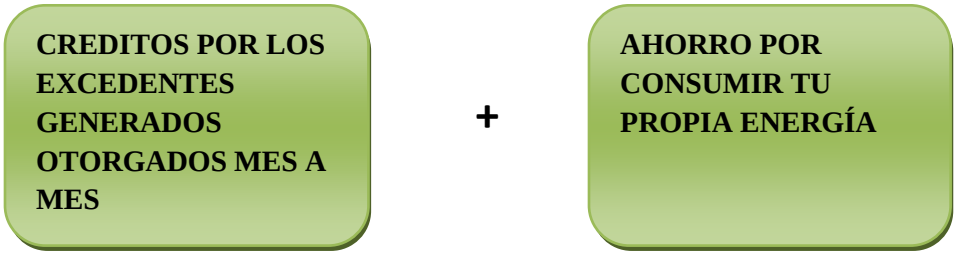
Brasil, al igual que Canadá y California prefiere centrarse en el método de créditos por excedentes generados, muy práctico ya que da muchas facilidades al usuario de autoconsumo de compensar los excesos con los defectos. El ahorro en las facturas es un punto muy positivo.

3.4.3.2.6 República Dominicana

CREDITOS POR LOS EXCEDENTES GENERADOS + **DEVOLUCIÓN DEL 75% DEL COSTE DE LA INVERSIÓN** + **AHORRO POR CONSUMIR TU PROPIA ENERGÍA**

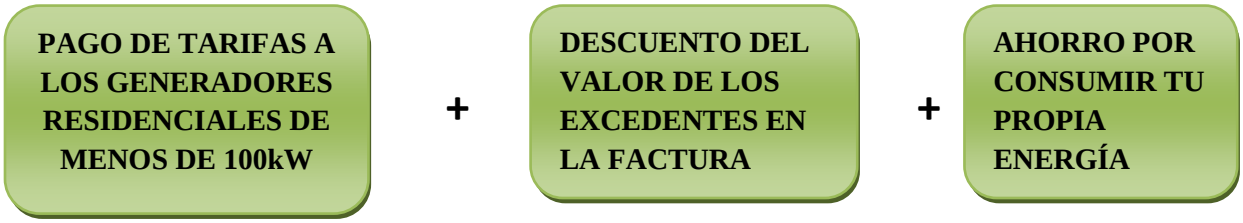
La República Dominicana es una de las últimas en juntarse a la tendencia del balance neto, y lo ha hecho por lo grande, su sistemas se basa en un sistema de créditos que en caso de ser positivo se le devolverá el dinero correspondiente a una casa cerrada, pero además se comprometen a devolver el 75% del coste inicial de la instalación lo que crea una cierta motivación extra, junto a la del ahorro por consumo propio.

3.4.3.2.7 Hawaii



En Hawaii también optan por la concesión de créditos por excedentes generados, sin embargo prefieren hacerlo mes a mes. Como siempre se debe contar con que se genera un ahorro en la factura eléctrica.

3.4.3.2.8 Chile



El panorama chileno en cuanto net metering es el siguiente: A todos aquellos autoconsumidores de menos de 100kW, se les otorgarán unas tarifas, en caso de producir excedentes se calculará su valor monetario y se descontará de la factura mensual y por último ahorraremos en la factura otra parte por el uso de nuestra energía ya que ahorraremos algunas parte de la factura.

Este esquema resumen va a servir de ayuda a para tener una idea de cuál de todos los casos se podría ajustar mejor al panorama Español. Sin embargo para eso se deberían tener en cuenta temas como la economía, del país

3.4.4 Costes por los servicios prestados por las comercializadoras

Este es un coste del que se habla en el borrador del Balance Neto en España, resumido en el apartado 2.1, se dice que el productor-consumidor, deberá pagar una determinada cantidad a las comercializadoras por los servicios prestados.

Sin embargo muchos son los países que no afrontan estos gastos, se puede ver a continuación en la siguiente tabla.

PAISES	PEAJES POR ALMACENAMIENTO DE EXCEDENTES
Dinamarca	NO
California	NO
México	NO
Canadá	NO
Brasil	NO
Republica dominicana	NO
Hawaii	SI
Chile	SI

Tabla 2.Peajes por almacenamiento de excedentes.

3.4.5 Tiempo que guardan los excedentes

El tiempo del que se dispone para recuperar los excedentes es un factor muy importante a considerar en el desarrollo del balance neto.

Se van a analizar los países que cuentan con un sistema de créditos, de lo descritos en los apartados 3.2 y 3.3 para ver de qué tiempo disponen ellos.

PAISES	TIEMPO EXCEDENTES
Italia	12 meses
Dinamarca	Sin límite[65]
Canadá	12 meses
California	Sin límite [18]
Republica dominicana	12 meses
Hawaii	12 meses
Brasil	36 meses
Chile	Sin límite
México	12 meses

Tabla 3. Tiempo que se guardan los excedentes.

3.4.6 Paridad de red

Se va a hacer un análisis en conjunto para ver como es la paridad de red de los países que más adelantados van en el tema del balance neto.

Si se analiza la gráfica 8, la mayoría de los países que se han mencionado en los puntos 3.2 y 3.3 a día de hoy no han alcanzado la paridad de Red.

Ni Alemania, ni Reino Unido, ni Francia, ni Canadá, ni Japón.

Un estudio realizado por EPIA, asegura que Europa alcanzará la paridad de Red en el año 2020. Siendo España uno de los primeros países en alcanzarla.

Los factores que ayudan al alcance de la Paridad de red o Gryd Parity son el aumento de la eficiencia de las tecnologías o la reducción de sus costes, así como el incremento de las tarifas de la red.

Una vez se ha visto el conjunto de la situación en la Unión Europea, se va a pasar a analizar algunos de los países de los apartados 3.2 y 3.3 con ayuda de un estudio realizado por Eclareon sobre la Paridad de red.

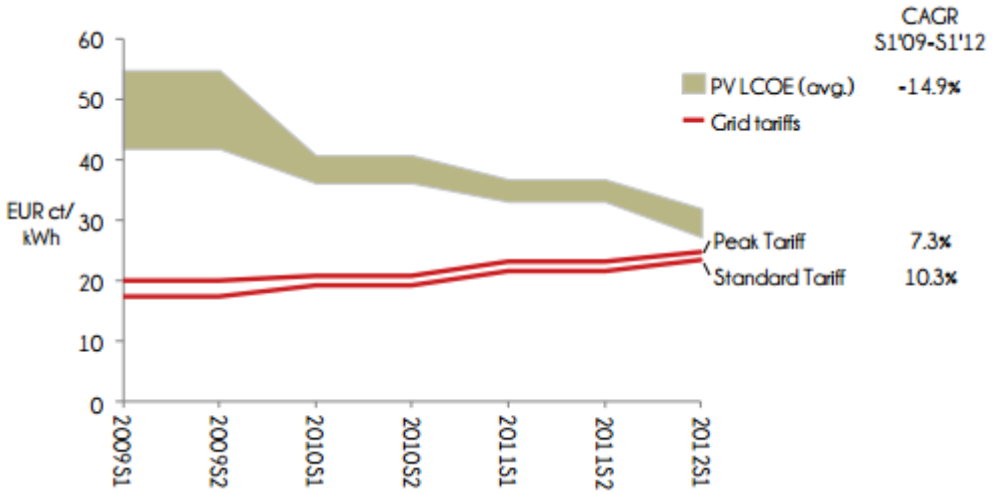
Alemania es uno de los países en los que se ha centrado Eclareon, dentro de Alemania se han analizado por separado dos de sus ciudades: Múnich y Berlín.

Para ver en que punto exacto se encuentra una ciudad o un país, se deben saber dos cosas:

- El precio de la electricidad en la red
- El LCOE de la fotovoltaica, expresa el precio de la fotovoltaica generada.

3.4.6.1 Alemania

A continuación se verá la evolución de los precios de la fotovoltaica en Berlín una de las principales ciudades alemanas.



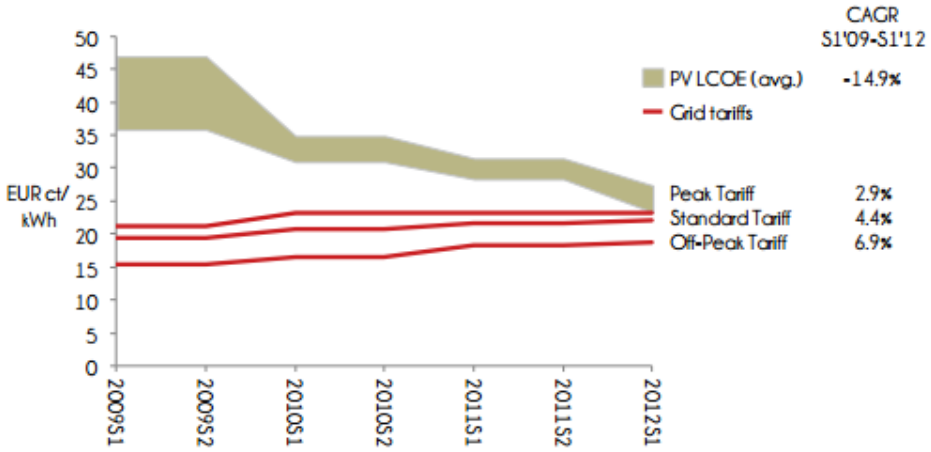
Gráfica 23. Paridad de Red Alemania (Berlín).

Se puede observar que el LCOE cae un 14,9% desde el año 2009 hasta el primer periodo de 2012, y además las tarifas de red aumentan considerablemente, estas dos aspectos, hacen que esta ciudad cada vez esté más cerca de alcanzar la parida de Red [18].

Sin embargo, según se ve en la gráfica, a día de hoy en la ciudad de Berlín aún no se ha alcanzado, por otro lado de seguir evolucionando a este ritmo, se alcanzará en un futuro no muy lejano, ya que los precios de la electricidad en la red, suben de forma continuada, y por otro lado los precios de generar nuestra propia energía PV cada vez es más barato.

En Múnich por ejemplo, según este estudio, la parida de Red ya se ha alcanzado.

En la grafica de este país se puede ver que para la tarifa pico ya se ha alcanzado la paridad de Red, para la tarifa estándar todavía no ya que todavía está un poco por encima el precio de generar PV, aún así esta diferencia no es muy grande, lo que quiere decir que en poco tiempo, también habrá paridad de red para las tarifas estándar.



Gráfica 24. Paridad de red En Alemania (Múnich).

Se ha de tener en cuenta que Alemania es un país de escasa radiación solar, y aún así a día de hoy es uno de los países más adelantados en cuanto a net meetering.

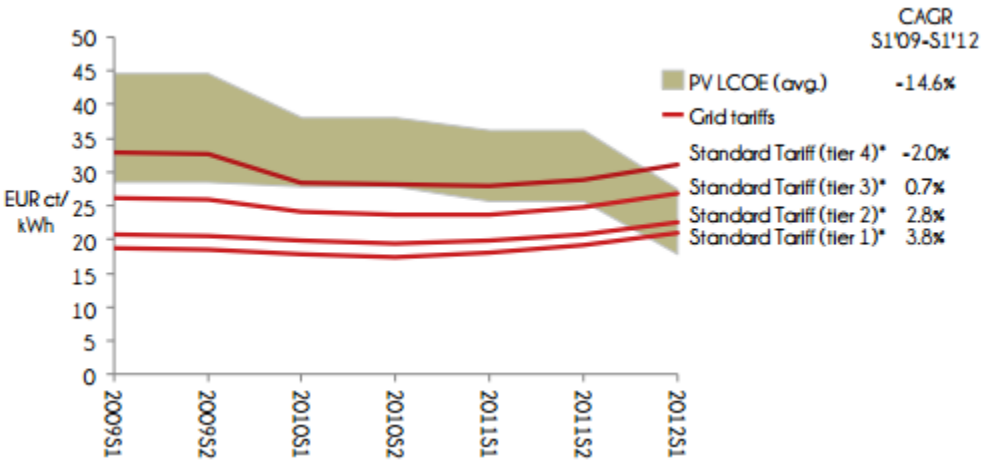
Los motivos que hacen que esto sea posible, son los siguientes:

- Los precios de generación PV en Alemania, son de los más bajos, esto es una clara señal de madurez del mercado Germano.
- Los precios de la electricidad al adquirirla de la red, son bastante altos, esto anima a la gente a invertir en renovables.
- Por último, los descuentos que se utilizan para calcular el precio de generar tu propia fotovoltaica, hacen que el retorno de la inversión sea muy seguro.

A continuación se va a analizar también el caso de Italia, ya que es un país en el cual si se ha alcanzado la paridad de Red y cuya radiación es muy similar a la de nuestro país.

Dentro de Italia, se analizará la ciudad de Roma.

3.4.6.2 Italia



Gráfica 25: Paridad de red en Italia (Roma).

Se puede observar que en Roma, para todas sus tarifas, ya se ha alcanzado la Paridad, de Red, de hecho las tarifas de red, son tan altas que en este momento en Italia es más rentable autoconsumir sea cual sea la tarifa de red adoptada que consumir.

Los principales motivos, que han hecho que se alcance la paridad de red en Italia son:

- Los costes de las instalaciones, son especialmente competitivos, haciendo que el valor del LCOE, se vea reducido de forma significativa.
- Elevados niveles de irradiación.
- Elevados precios de las tarifas de red, en continuo crecimiento.
- Los descuentos utilizados para el cálculo de la LCOE, lo favorece.

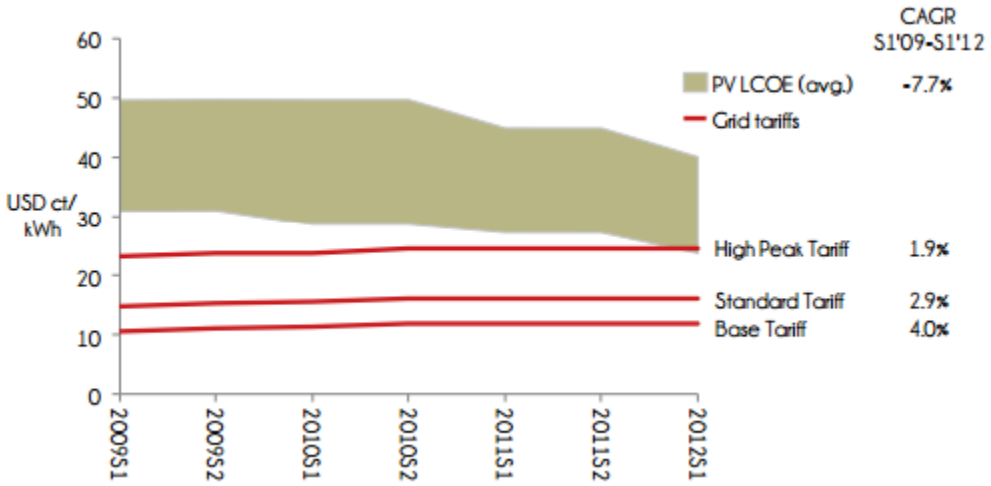
La rentabilidad de tener instalado autoconsumo, depende en gran medida de la cantidad de energía que se consuma.

Sin embargo como ya se ha dicho con anterioridad, para el caso de Italia, la situación es tal, que para todos los consumidores resultaría rentables.

Fuera de la Unión Europea, se estudiará de forma más detenida el caso de California, que es uno de los países más desarrollados.

3.4.6.3 California

Dentro de California, el estudio se centra en la ciudad de los Ángeles.



Gráfica 26. Paridad de red California (Los Ángeles).

En esta grafica se puede observar que el precio de generar nuestra propia energía a partir de fotovoltaica, ha caído un 7,7% desde el año 2009 hasta esta parte, del mismo modo las tarifas de red, se han incrementado desde un 1,9% la más alta hasta un 4% la menor de ellas, esto hace que en el primer periodo del 2012 se pueda hablar de paridad de red solo para el caso de la tarifa más alta, sin embargo para todas las demás aún queda un largo recorrido para que se alcance [18].

De aquí que dependa de la situación concreta de cada cliente, para que le rente autoconsumir o no.

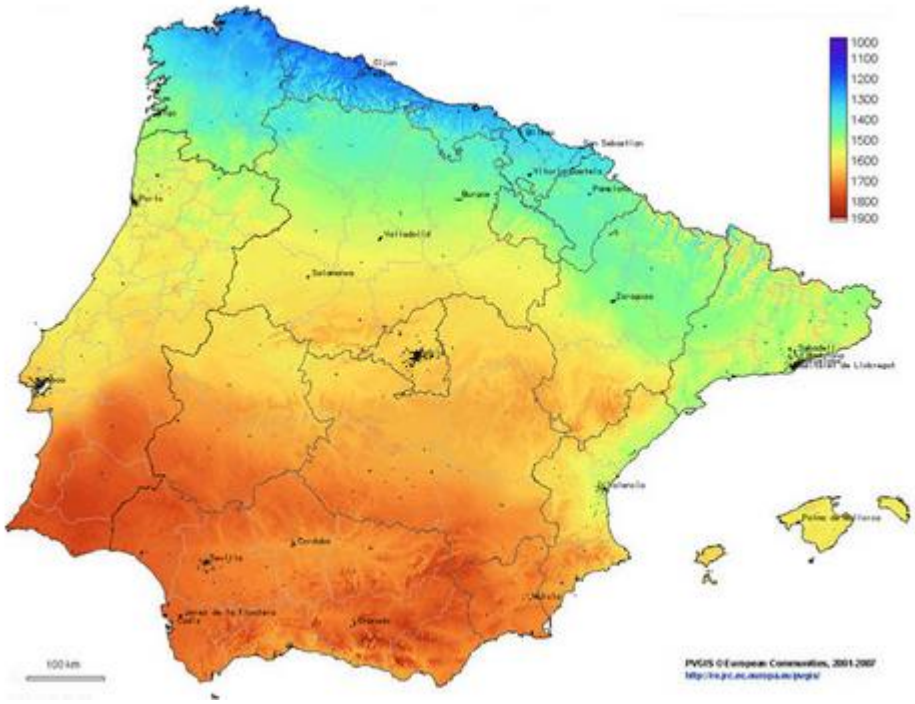
Los motivos principales por los que ciudades como Los Ángeles, todavía no han alcanzado la paridad de red, son:

- Los precios de las instalaciones fotovoltaicas son muy elevados en comparación con la media.
- El coste de generar energía fotovoltaica, ha disminuido pero no lo suficiente.

3.5 PREVISIÓN PARA ESPAÑA

3.5.1 Factores comparativos en España

3.5.1.1 Recurso solar



Gráfica 27. Mapa de radiación solar anual en España en 2012 (kW/m2)

Dentro de nuestro país se pueden encontrar cinco zonas especificadas por el RD 14/2010.

La radiación solar más baja es la que se encuentra en la zona norte de España (Galicia Asturias), y es de aproximadamente 1.690 kW/m^2 [60], la zona sur de España, prácticamente toda la comunidad de Andalucía alcanza valores de 2.190 kW/ m^2 [60] e incluso los 2.400 kW/m2 [60] en la islas canarias.

La media anual de irradiación solar en España es de 2.060 kW/ m^2 [60].

España es un país con una radiación solar muy elevada a comparación con los demás países de la Unión Europea, quizá al país europeo que más se asemeja sería a Italia.

Este factor resulta muy positivo para el desarrollo del balance neto.

A mayor irradiación mayor será la eficiencia de los equipos mayor la energía que se genere y más rápido se conseguirá tener la inversión de retorno.

3.5.1.2 Precio de los equipos

Muchos son los estudios que indican que los precios de las instalaciones fotovoltaicas han caído en picado, aproximadamente un 45% desde su inicio.

Esto es un factor que favorece la implantación en España del balance neto, mientras que países como Alemania, Francia, México entre muchos otro, tuvieron que afrontar inversiones mucho más fuertes, aquí serían mucho más bajas.

Con precios mucho más bajos las inversiones se recuperan antes, es decir el precio de amortización sería menor.

Este factor a su vez influye en el alcance más temprano de la paridad de Red, es decir que nos cueste lo mismo producir nuestra propia energía que consumirla de la red.

3.5.1.3 Ayudas

El factores ayudas es el que menos favorece a España.

Dado que el país está viviendo un proceso de recesión económica, se ha visto obligado a eliminar todo tipo de primas a aquellas instalaciones de nueva construcción.

Antes de esta situación el régimen retributivo de las energías renovables, estaba regulado mediante el RD 661/2007.

Este RD establecía dos opciones que los productores vendiesen su energía a una tarifa regulada, es decir recibía un precio fijo por verter la energía a la red, o vender directamente en mercado libre, donde recibía el dinero acordado más una prima limitada en función de las tecnologías [15].

Todas las instalaciones que quisieran optar a este sistema retributivo debían estar inscritas en el Registro administrativo de instalaciones de producción de régimen especial.

Las energías renovables tenían prioridad de acceso frente a otros generadores.

Más tarde salió el RD 1578/2008 que modificó el sistema tarifario sufriendo una bajada de las tarifas.

Las primas que se barajaban en este real decreto eran de 34 c€ el kW/h para instalaciones de menos de 20 kW y 32 c€ el kW/k para las mayores de 20 kW [66].

Sin embargo a principios del 2012, para ser exactos el 27/01/2012, sale a la luz un nuevo Real Decreto Ley el 1/2012, que suspendía de forma temporal los procedimientos de preasignación de retribución de energías renovables además de los incentivos para las nuevas instalaciones.

Esta RD ley no tiene carácter retroactivo, es decir que no se le anulan las primas ni las tarifas a aquellas instalaciones inscritas en el registro antes del comunicado de esta ley.

Va a llegar el momento que tanto se ha explicado de paridad de red, en que a una persona que tenga instalado autoconsumo le salga igual generar su propia energía para consumirla que consumirla directamente de la red.

Dado a la nulidad de sistemas de ayudas las regulaciones que más encajan con el sistema que se quiere adoptar en España son las de países como California, Canadá, Brasil, y Hawaii.

Como ya se dicho con anterioridad se basan en sistemas de créditos que permiten en un futuro recuperar los excedentes generados, cada uno con sus peculiaridades.

3.5.1.4 Coste por los servicios prestados

Según se informa en el borrador, el cliente deberá abonar una cantidad por los servicios prestados a las comercializadoras.

A día de hoy existe un gran debate abierto sobre que se ha de incluir en estos costes y que no. Por lo tanto la idea que se debe tener es la de que esos costes van a existir pero no se sabe en qué medida.

Como se ha visto en el apartado 3.5.1.4 no en todos los países existen dichos costes.

3.5.1.5 Tiempo para recuperar los excedentes.

El tiempo del que se dispone para hacer uso de los excedentes, es un factor muy importante sobre todo para aquellos países que disfrutan de un sistema basado en créditos de energía.

La posibilidad que se está barajando en España según el borrador, es que ese crédito que se le otorga al usuario por generar excedentes y mandarlos a la red, lo pueda recuperar en un plazo de 12 meses [20].

La idea de que se puedan recuperar en el periodo de un año es para que se puedan compensar los periodos de menos generación por la falta de irradiación con los de mayor.

Aunque se han analizado países que ofrecen la posibilidad de recuperar en plazos de tiempo mayores, la mayoría otorga un plazo de 12 meses.

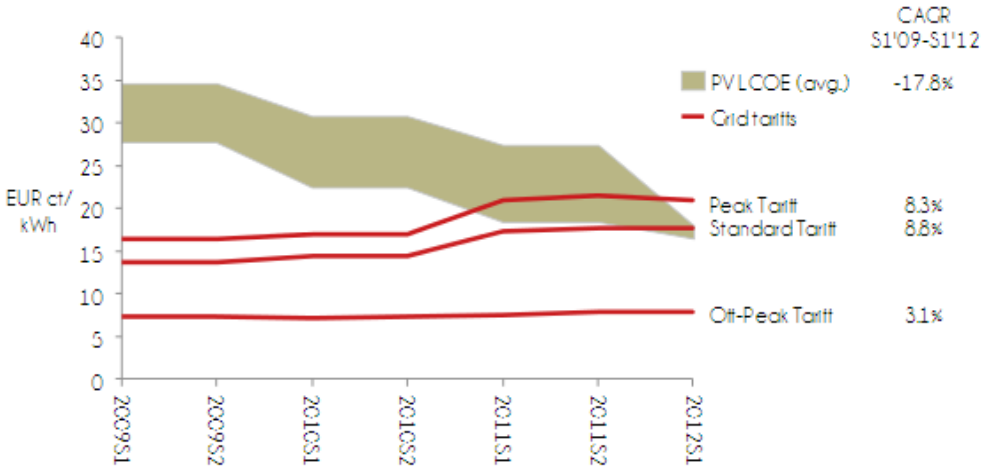
3.5.1.6 Paridad de red

Muchas son las fuentes que hablan de que en España ya se ha alcanzado la paridad de Red, para estar seguros de esto se va a recurrir al estudio realizado por Eclareón, el mismo que se utilizó en el apartado 3.4.6 para ver la paridad de Red en otro países.

Dentro de España, se van a analizar dos ciudades: Madrid y las Palmas para demostrar que si se ha alcanzado.

3.5.1.6.1 Madrid

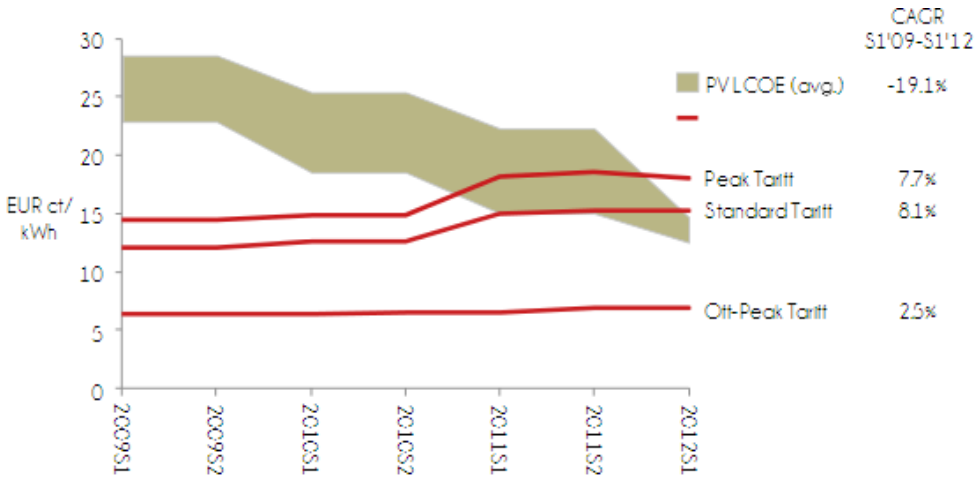
La siguiente gráfica muestra una comparativa entre lo que costaría generar nuestra propia energía LCOE y las tarifas de la red. Las tarifas de la red divididas en la más alta la tarifa pico la media y la más baja.



Gráfica 28. Paridad de red Madrid.

Se puede observar que para las tarifas pico y estándar ya se ha alcanzado la Grid Parity, no solo es eso, si no que en estos momentos ya es más rentable consumir lo que uno mismo genere que consumirlo de la red.

3.5.1.6.2 Las Palmas



Gráfica 29. Paridad de red en Las Palmas.

Al igual que en Madrid en Las Palmas, los precios de producir energía mediante fuentes renovables como la fotovoltaica han caído tanto y a su vez las tarifas de red se han visto tan incrementadas, que la energía solar fotovoltaica, ya puede competir con las energías convencionales.

A medida que se encarezcan las tarifas de la red y disminuyan los costes de los módulos de generación, serán más los países que alcancen la paridad de red.

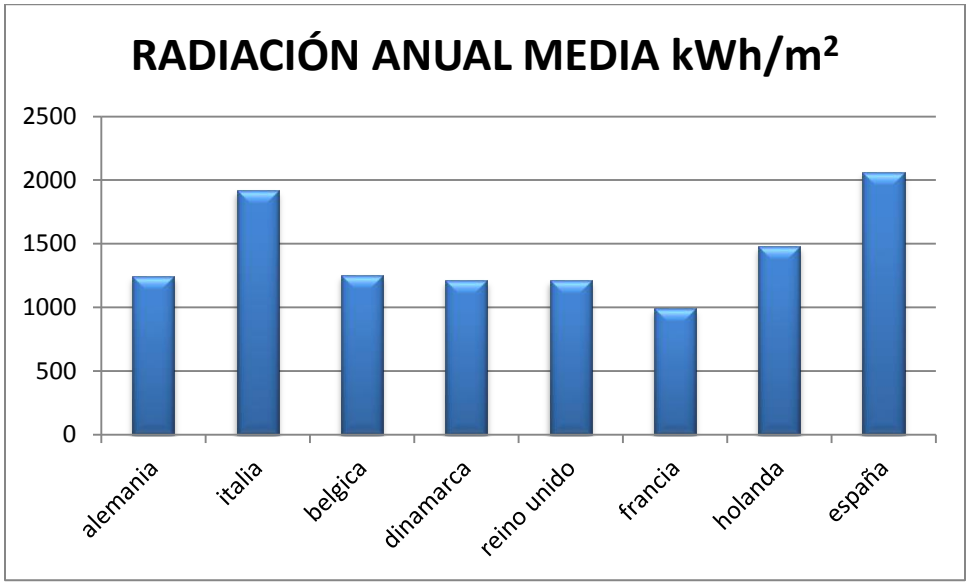
España es el segundo país de la Unión Europea, en el que más se han encarecido las tarifas eléctricas residenciales, solo por detrás de Finlandia, país cuya economía es muy parecida a la española, y cuyos problemas económicos se asemejan a los que se viven aquí hoy en día nuestro[64].

A parte de la gran subida de la tarifas, es importante saber que las tarifas españolas, son de por si unas de las más altas de la UE. En el año 2011 se encontraban en 4º lugar respecto a este concepto, pero hay que tener en cuenta que los países que están por delante, es decir cuyas tarifas son aún mayores, cuentan con sueldos de aproximadamente un 40% superiores[67].

3.5.2 Conclusión

Visto los factores que más afectan al balance neto tanto fuera como dentro de España, se va analizar cuáles son los que más favorecen en nuestro país con respecto al resto de países analizados y por el contrario los que menos.

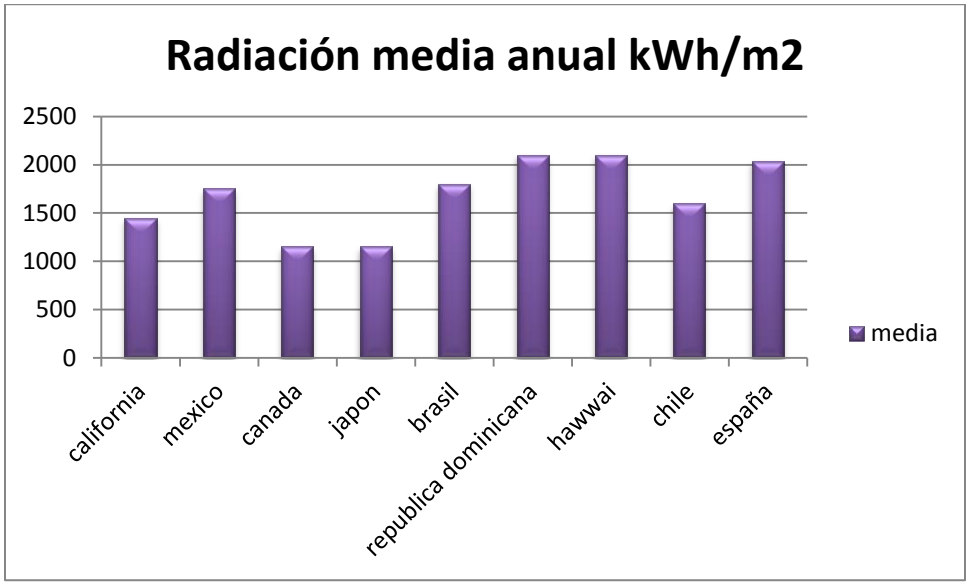
El primer factor que se analizó fue el recurso solar. Por ello se verá como se encuentra España con respecto al resto de países.



Gráfica 30. Comparativa radiación solar España y resto de Europa.

Según la gráfica se puede observar que la radiación solar en España es superior a la del resto de países de Europa.

Con respecto al resto de países fuera de Europa la gráfica es la siguiente:



Gráfica 31. Comparativa radiación solar España con el resto de mundo.

En esta comparativa España sigue siendo uno de los países con mejores recursos solares.

Es decir que el recurso solar es uno de los factores que más puede favorecer el desarrollo del net metering un punto positivo para su desarrollo.

El siguiente factor que se analizó fue el precio de los equipos, como bien se ha comentado en apartados anteriores, el precio de los equipos según estudios realizados ha caído en torno a un 45%, es decir que la inversión que ha de hacer un español interesado en implantar autoconsumo, es bastante menor a la que soportaron el resto de países que a día de hoy ya están desarrollados en este campo. Este es otro factor que favorecería el desarrollo del net metering en nuestro país, ya que el tiempo de retorno de la inversión es mucho menor que años atrás he aquí el segundo punto positivo.

El siguiente punto a analizar es el de las ayudas, para ello se va han dividir los países analizados en dos grupos por un lado aquellos que reciben incentivos y por otro los que se decantaron por un sistema de créditos.

PAISES	SISTEMA ADOPTADO
Alemania	Incentivos
Italia	Incentivos
Bélgica	Incentivos
Dinamarca	Créditos
Reino Unido	Incentivos
Francia	Incentivos
Holanda	Incentivos
California	Créditos
México	Créditos
Canadá	Créditos
Japón	Incentivos
Brasil	Créditos
República Dominicana	Incentivos
Hawaii	Créditos
Chile	Créditos

Tabla 4. Modelo regulatorio del balance neto de los diferentes países.

Según el borrador del balance neto, todo apunta a que el sistema Español será de los que se rijan por un sistema de créditos.

Este factor es uno de los que menos favorece el desarrollo aún así países con este mismo régimen regulatorio han sabido implantarlo.

El siguiente factor que se analizó fue el coste por los servicios prestados a las comercializadoras, poco es lo que se sabe acerca de este tema sin embargo si se conoce que muchos son los países en los que dicho coste no se paga, aún así en España según el borrador estos costes van a existir y se debe contar con ellos.

El tiempo que se guardan los excedentes es un punto importante para el desarrollo del balance neto, si comparamos el cómo se pretende gestionar en España (poder contar con los excedentes durante 12 meses), con cómo se gestiona en el resto de países, se ha de decir, que de los 9 países analizados que cuentan con un sistema de créditos 5 de ellos se gestionan este factor del mismo modo luego es un factor que no nos desfavorece.

El último factor que se analizó fue el de paridad de Red. Con respecto al resto de países según se ha podido ver, España está muy por delante.

Mientras la mayoría de países aún no han alcanzado la paridad de Red, en España, según el análisis que se ha hecho del estudio de Eclareón ya se cuenta con muchas ciudades que sí que lo han alcanzado.

Desde que se aprobó en España el Real Decreto 1699/2011por el que se regulaba la conexión a red de las instalaciones de baja potencia, muchos son los centros comerciales, naves industriales, centros geriátricos e inmuebles, que cuentan con este tipo de instalaciones. Se debe saber que simplemente con autoconsumir están viendo un descenso del 70% aproximadamente en sus facturas [68].

Es importante tener en cuenta que ya existen más de 5 millones de viviendas con autoconsumo instalado en España.

A continuación se van a nombrar algunos ejemplos para ver que esto es una realidad y que todos los factores apuntan a que puede funcionar:

- 34 kW en una nave industrial en Navarra
- 66 kW en una nave industrial en Leganés
- 226 kW en una residencia geriátrica en Badajoz
  Estas tres instalaciones, debido a su elevado consumo, están consumiendo el 100% de lo generado, sin necesidad de verter a la red.
- 8,6 kW en un restaurante en Mataró (Barcelona), esta instalación cuenta con 36 módulos y un inversor de 8 kWn.
- Vivienda unifamiliar en Zúrich (navarra), esta instalación tiene una media de autoconsumo el 50% de lo generado, en las horas nocturnas se llega alcanzar el 100%.
- 10 kW en una industria madrileña, cuenta con un total de 17 inversores.

Estos son solo algunos ejemplos de alguno de los autoconsumo que hay ya instalados en nuestro país.

4 ESTADO ACTUAL DE LAS TECNOLOGÍAS

Antes de hablar de los diferentes tipos de tecnologías para convertir la energía solar en eléctrica, se va a hacer un repaso por la historia para ver cuáles fueron los comienzos en el uso de esta gran fuente de Energía que es el Sol.

4.1 EVOLUCIÓN DE LA ENERGÍA SOLAR EN LA HISTORIA

La primera referencia que se conoce sobre el uso de la energía solar se remonta a los tiempos de Arquímedes en la Antigua Grecia siglo III a.C. Fue en la batalla de Siracusa que enfrentaba a griegos y romanos.

Allí según cuentan algunos escritos Arquímedes intento quemar el barco enemigo mediante el uso de espejos hexagonales reflejando los rayos del Sol y concentrarlos en la flota romana.

La siguiente referencia que se conoce trata de 1515 cuando Leonardo da Vinci quiso construir un concentrador de 6 km de diámetro mediante el uso de espejos cóncavos con el fin de producir vapor y calor industrial, este proyecto nunca se llegó a finalizar [69].

Más tarde en el siglo XXIII Georges-Louis leclerc, conde de Buffon decidió seguir investigando en el campo de los espejos y la energía solar.

Empezó utilizando cristales de gafas unidos entre sí y se dio cuenta de que era capaz de conseguir obtener fuego a unos 20 m de distancia usando como materiales inflamables mezcla de brea y polvo de carbón [69].

Para conseguir fuego a mayor distancia, lo que hizo fue unir entre sí un mayor número de cristales.

Finalmente construyó su concentrador de energía con 360 piezas de cristal y 20 cm de grosor [69].

Fue en el año 1839 en el que el físico francés Becquerel reconoció por primera vez el efecto fotovoltaico. Llevó a cabo estudios de magnetismo, electricidad y óptica.

Otro nombre importante dentro de la energía solar, es el de Augustin Mouchot, quien en 1868 desarrollo los primeros sensores solares.

Detrás de él son muchos los nombres a destacar, especialmente John Ericsson quien diseño un colector parabólico (1870).

En el 1883 es el año en el cual Charles Fritts construye la primera celda solar con una eficiencia del 1% [70].

Estaba compuesta por Selenio que hacía la función de semiconductor y una fina capa de oro.

El problema que tenía esta celda es que era excesivamente cara por lo que se le dio un uso diferente al de generar electricidad. Se usaba en las cámaras fotográficas.

Las celdas que se usan hoy en día fueron patentadas en 1946 por el norteamericano Russell Ohl. Esta creación llevó a la producción de los paneles solares por primera vez en el 1954. Los primeros usos que se les dieron a estos paneles fueron en satélites espaciales, o en 1970 en las calculadoras.

Hoy en día los paneles solares se usan para suministrar energía solar a casas, edificios, entre otras muchas instalaciones.

Aubrey Eneas fue quién fundó la primera empresa de energía solar (1900), The Solar Motro CO, Frank Schuman, le siguió fundando en 1911 su empresa llamada Sun Power CO, y además creó la primera planta solar capaz de generar un total de 20 kW y Maadi que abrió la segunda planta solar capaz de generar 88 kW [69].

Tras este repaso histórico por la evolución de la energía solar, nos se pasará a hablar de los avances que ha experimentado la tecnología fotovoltaica, para poder así conocer el estado actual.

4.2 TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

La energía solar fotovoltaica, es un tipo de energía renovable que se obtiene gracias a la radiación solar.

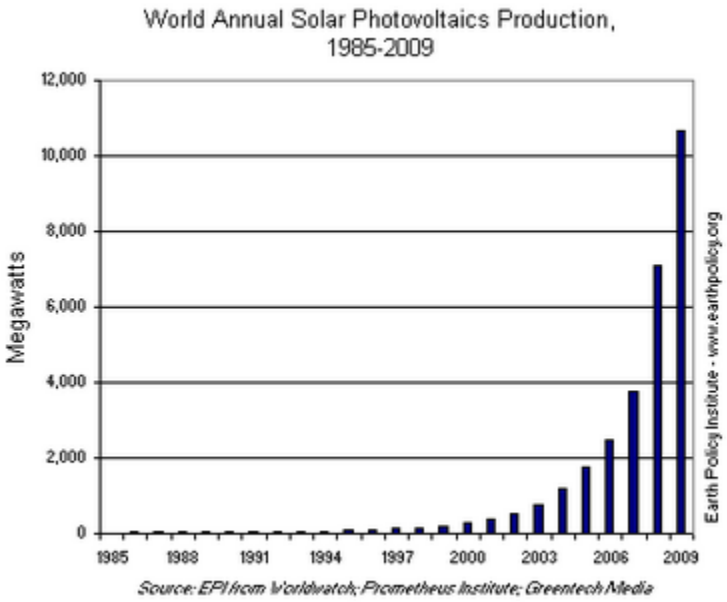
Esta radiación incide en lo que se conoce como placa solar y es en este punto donde se transforma la radiación solar en energía eléctrica.

4.2.1 Placas solares

El funcionamiento de una placa solar consiste en la utilización de dos láminas de material semiconductor, las cuales utilizan material químico con el fin de forzar un exceso de electrones (carga negativa) en una de las láminas y un defecto en la otra (carga positiva) al incidir la radiación sobre ellas. Esta diferencia de potencial, genera un campo eléctrico con una barrera de potencia que impide el traspaso de electrones entre las dos láminas.

Cuando la unión de estas cargas positivas y negativas se expone a la radiación solar, los fotones de la luz transmiten energía a los electrones, esto rompe la barrera de potencia y hace que los electrones salgan al exterior produciéndose así energía eléctrica.

La energía fotovoltaica es la que ha experimentado un crecimiento más notorio en los últimos años, Por ejemplo en 2008 un estudio de la CNE (Comisión Nacional de Energía) estimó que se instalaron 2.973 MW, estos datos fueron asombrosos dado que multiplicaban por siete los objetivos que se querían alcanzar en 2010. Fue tal el crecimiento que el gobierno se vio obligado aprobar el RD 1578/2008 sobre el régimen económico de la energía solar fotovoltaica donde se establecía un sistema de cupos de potencia, limitando de esta forma el desarrollo del sector fotovoltaico [26].



Gráfica 32. Producción anual de energía fotovoltaica en el mundo.

4.2.2 Avances tecnológicos

A día de hoy podemos hablar de cuatro generaciones de tecnología fotovoltaica.

- Primera generación: Las primeras células solares estaban fabricadas sobre una gran superficie de cristal. Dominaba como material semiconductor el Silicio y el Germanio. Estos materiales se encontraban dopados por materiales como el Fosforo y el Boro, y consistía en una unión del tipo p-n.
  Este tipo de placas ha estado muy presente en el mercado solar fotovoltaico gracias a su alta eficiencia. Sin embargo el precio de su generación es elevado, debido a que se debe purificar el silicio.
  Su introducción en el mercado es de un 86% [71].

- Segunda generación: En esta generación se utilizaban depósitos epitaxiales muy delgados de semicondutores, situados sobre obleas con concentradores.
  Se conocen dos tipos:
  - Espaciales, tienen un mayor rendimiento, entorno al 28-30 %, sin embargo tiene un coste más elevado [71].
  - Terrestres, por el contrario, tienen menores costes, pero por consecuencia rendimientos menores alrededor del 8% [71].

  Como materiales semiconductores que se usan, mencionar el silicio policristalino, silicio microcristalino, teluro de cadmio, sulfuros y seleniuros de indio.

  Las ventajas que presentan estos tipos de células, es que al ser de tamaño reducido se pueden usar en materiales pequeños y ligeros.

- Tercera generación: Esta tercera generación presenta una gran diferencia respecto a las generaciones anteriores. En primer lugar se ha de decir que no presentan la tradicional unión p-n para separar los portadores de carga fotogeneradores.

  Se está estudiando dispositivos huecos cuánticos (puntos cuánticos, cuerdas cuánticas…) y que incorporen nanotubos de carbono con una eficiencia de más del 45% [71]. Esto sería par usos espaciales.
  Para usos terrestres se están estudiando las células fotoelectroquímicas, células solares de polímeros, de nanocristales de tintas sensibilizadas.

- Cuarta generación: Esta generación a día de hoy está en el aire, se trata de una mera hipótesis, que está siendo estudiada. Esta tecnología consistirá en una mezcla de nanopartículas junto con polímeros con el fin de crear una capa simple multiespectral, Posteriormente se unirán varias capas como esta, apiladas y dará lugar a la célula solar.

  La primera de las capas convertirá la luz, la segunda convertirá la energía, y la tercera es para el espectro infrarrojo. A día de hoy se está estudiando su viabilidad.

4.2.3 Tipos de células solares

4.2.3.1 Tecnología fotovoltaica de silicio cristalino

Este tipo de tecnología es el más utilizado, su estructura se basa en el uso de obleas, aproximadamente el 86% de las placas del mercado son de Silicio cristalino.

Uno de los motivos por el que son tan utilizadas, es por que el Silicio es un material muy abundante a la par que conocido pues ha sido estudiado durante muchos años.

Podemos diferenciar dos tipos:

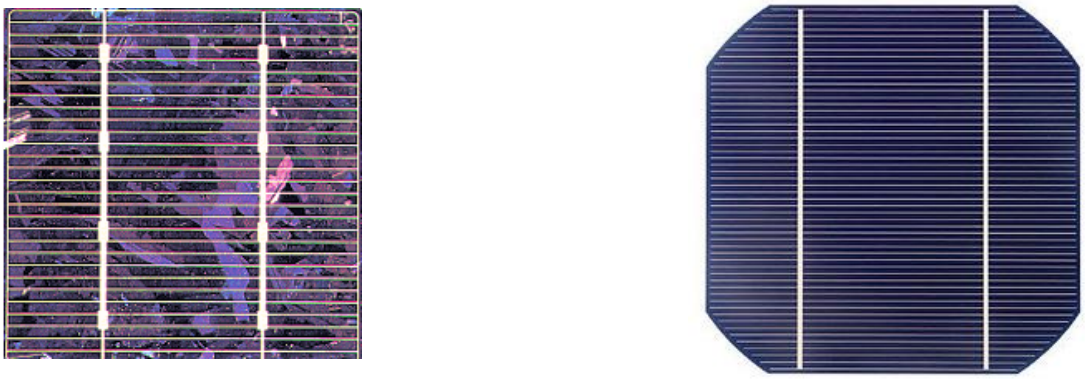
- Silicio monocristalino: El material utilizado es un único cristal de Silicio. Al enfriarse el silicio fundido se solidifica formando un único cristal, este cristal se corta en capas que dan lugar a las células.

Son capaces de transmitir electricidad, en condiciones de luz opaca.
Se adaptan perfectamente al funcionamiento de los componentes.
Aumenta de forma considerable la energía generada al ir preparado por un material antireflejante y un vidrio súper transparente.
Su principal ventaja es que tiene un rendimiento de entorno al 15% [72].
Sin embargo uno de sus principales inconvenientes es su elevado coste.

- Silicio multicristalino: El material utilizado está formado por múltiples granos cada uno con una orientación cristalográfica diferente. Esto se consigue enfriando el silicio en un molde.

Este tipo de células utiliza un silicio más puro por lo cual los costes son menores. Sin embargo debido a esto el rendimiento es menor.
La diferencia entre estas células y las monocristalinas es que en estas se pueden diferenciar diferentes tipos de colores. El rendimiento de estas células es de aproximadamente un 11% [72].

Policristalino *Monocristalino*



Gráfica 33 diferencia entre monocristalino y policristalino

4.2.3.2 Tecnología de lámina delgada

Este tipo de Tecnología se estructura mediante láminas delgadas, para conseguirlas se deposita directamente el semiconductor sobre un sustrato rígido o flexible que formará parte del módulo fotovoltaico. La característica principal de los semiconductores que se utilizan en este tipo es que tienen un alto coeficiente de absorción. Esto facilita el proceso de fabricación y abarata los costes.

Dentro de este tipo podemos encontrarnos con tres posibilidades:

- Basada en teluro de Cadmio: Este tipo de material se clasifica dentro del grupo de los policristalinos. Tienen un nivel de absorción muy elevado. Y pueden alcanzar un rendimiento de entorno al 11% [72]. Su coste de fabricación es el más bajo de todas las tecnologías fotovoltaicas, debido a su sencillo proceso de fabricación. En un primer momento su utilización en instalaciones estaba restringida debido a que el Cadmio es un material bastante toxico. Sin embargo con el tiempo y con la ayuda de estudios, se ha llegado a la conclusión de que no afecta al medioambiente, dado que al estar integrado en el módulo fotovoltaico, no se producen emisiones. En el año 2010 se produjeron 1,5 GW [72] de módulos de este tipo.
- Basada en Silicio amorfo hidrogenado: Su fabricación requiere de una inversión mucho menor que la del Silicio cristalino. Al usar semiconductores muy absorbentes basta con tan solo 1 micra de material para absorber casi el 90% del espectro utilizable. Esto reduce mucho los costes. A nivel atómico, este tipo de células presenta una estructura desordenada y la mayoría de los átomos presentan enlaces no saturados. Este tipo es el menos eficiente del mercado con un 5-7% [72]. Una de las causas de que este rendimiento sea tan bajo, es que en las primeras horas de exposición se pierde un 20% de eficiencia debido a la degradación de Staebler Wronski que consiste en cambios reversibles en las propiedades fotoeléctricas inducidos por la luz. En el año 2010 se produjeron 1,4 GW de módulos de este tipo.
- Basada en diseleniero de cobre-indio-galio: Este material al igual que el Teluro de Cadmio, es un material policristalino. De los tres tipos es el que tiene un nivel de absorción mayor, gracias a esto la cantidad de semiconductor necesaria es muy pequeña. Su eficiencia ronda en laboratorio el 20%. Su mayor inconveniente es que el proceso de fabricación es muy complejo y por consecuencia costosa, esto hace que no resulte rentable. A día de hoy se están intentando optimizar os métodos de fabricación con el fin de reducir al máximo los costes. En el año 2010 se produjeron 0,4 GW [72] de módulos de este tipo.

4.2.3.3 Tecnología fotovoltaica III-V

Este tipo de tecnología utiliza semiconductores formados por un elemento de la columna III y otro de la columna V de la tabla periódica.

Debido a sus propiedades son totalmente idóneos para este tipo de conversión aportando una eficiencia muy elevada de aproximadamente el 25% [72]. Aunque como inconveniente destacar sus altos costes de fabricación.

Suelen seguir una configuración multiunión, es decir varias células apiladas unas encimas de otras con el fin de optimizar la absorción. La primera célula absorberá los fotones de mayor energía, y el resto por las sucesivas capas.

Principalmente este tipo de células se han utilizado en módulos espaciales. Aunque se está estudiando su inserción en la tierra. Para ello se deben encapsular estas células en un sistema óptico capaz de concentrar la radiación recibida y a la vez aumentar la potencia generada, con el fin de reducir los costes. Estos sistemas ópticos tienen como objetivo conseguir que la radiación incida de forma perpendicular en el sistema, esto implica la perdida de toda aquella radiación que no llegue de forma directa.

A día de hoy no están muy introducidos en el mercado, tan solo un 1% [72] de las células son de este tipo.

4.2.3.4 Tecnologías orgánicas

Este tipo de células incorpora al menos un semiconductor orgánico en alguna de sus capas.

Los materiales orgánicos son muy sensibles a la luz por lo que en lugar de crear un par electrón hueco al absorber la luz, lo que sucede es que se queda unido creando lo que se conoce como excitón, dificultando el paso de corriente eléctrica, la forma de corregir esto para poder generar cargas libres es uniendo un segundo material conocido mediante el nombre de aceptor facilitando así la producción de campo eléctrico.

El aceptor romper el excitón y recoge el electrón dejándolo fluir hasta regresar al material orgánico completando así el circuito.

Sus ventajas son su elevado nivel de absorción y su bajo coste de fabricación.

4.2.3.5 Células fotoeléctricas.

El mecanismo de funcionamiento de estas células es similar al proceso de la fotosíntesis.

Lo que se hace es utilizar un material poroso, recubierto con un tinte sensible a la luz. Este material una vez tintado se pone en contacto con un electrolito. En el momento que la luz incide sobre el tinte esta es absorbida excitando los electrones que pasan a la banda de conducción y de aquí al exterior. El tinte recupera el electrón cedido y este hace la función de electrolito y así sucesivamente.

La eficiencia alcanzada con esta tecnología ronda los 4-6% [72].

Ahora que se tiene una idea de lo que es una placa o célula solar y de cuales son los tipos que nos podemos encontrar en el mercado, se van a analizar quienes son los principales fabricantes de estas tecnologías.

4.3 PRINCIPALES FABRICANTES

4.3.1 Solar World

SolarWorld a día de hoy es el primer y único fabricante de soluciones solares programadas para el autoconsumo.

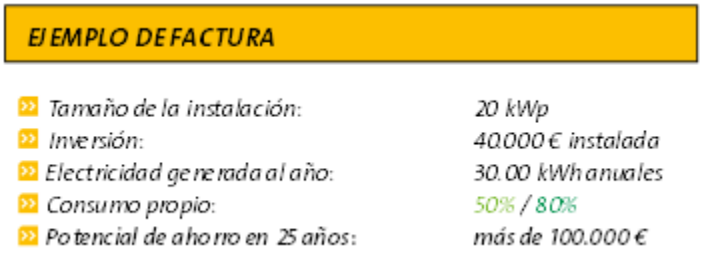
Cuenta con un registrador de datos, el Suntrol, que ha sido programado para cumplir en todo momento con la normativa vigente y así poder obtener los máximos beneficios.

Este método es muy interesante, ya que hace que la instalación produzca energía justo a las horas donde sería más cara consumirla

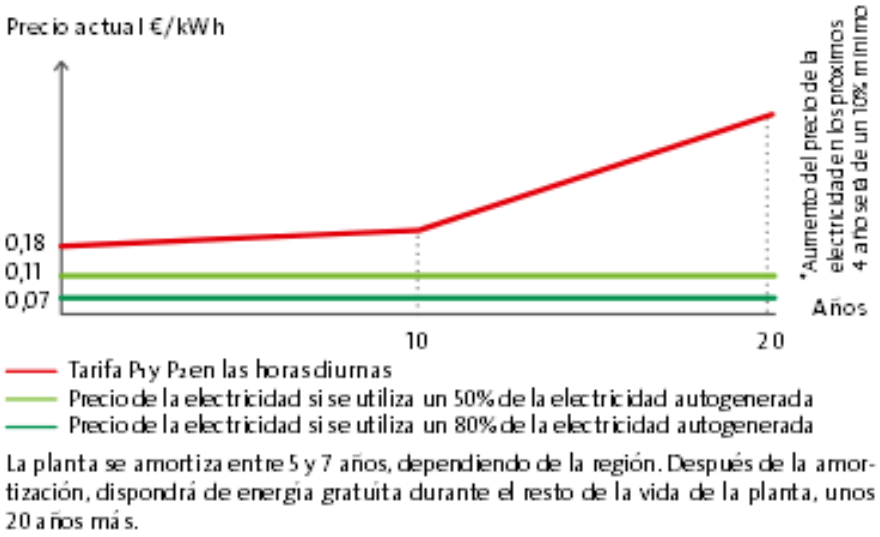
Ayuda a reducir al máximo la factura, un kWh de electricidad solar autogenerada cuesta solo 7c€ [73].

Ventajas

- Sus productos son de excelente calidad, fabricados en Alemania.
- Se llega a consumir hasta un 50% de lo generado [73]
- Reducción de la factura de la electricidad
- Fija el precio en 7cn€ durante los siguientes 25 años [73]
- Respetuoso con el medio ambiente
- Fácil de instalar
- Amplias garantías.



Gráfica 34. Ejemplo de factura con balance neto.



Gráfica 35. Precio de la electricidad según balance neto.

A continuación se analizan 3 tipos de kit de autoconsumo en función de la potencia que se quiera contratar.

Los tres casos que se analizarán serán para potencias de 2,4 kW, otra de 5,2 kW y por último una de 10,5 kW.

4.3.1.1 Kit autoconsumo para potencia de 2,4 kW

El kit cuenta con los siguientes componentes:

- 10 Paneles Solares SolarWorld – SW240
- 1 Inversor SMA SB22100TL
- Estructura con tornillería SolarWorld
- 1 Suntrol con posibilidad de acceder mediante web o móvil
- 1 medidor de consumos

Características técnicas

Rendimiento de las placas	**14.3% [74]**
Potencia nominal	**240Wp**
Tensión máxima	**30.2V**
Corriente máxima	**7.96ª**
Material	**Policristalino**
Número de celdas	**60**
Rendimiento de los inversores	**96% [75]**

Tabla 5. Características técnicas kit 2,4 kW Solar World.

Aproximadamente suministrará 3293 kWh/año, se supone que se instala en la zona centro de España [75].

El presupuesto que aporta la empresa para esta instalación es de 3.720 euros + IVA, lo que hace un total de 4501,2 €

4.3.1.2 Kit autoconsumo para potencia de 5,2,kW

El kit cuenta con los siguientes componentes:

- 22 Paneles Solares SolarWorld – SW235
- 1 Inversor SMA SB5000TL
- Estructura con tornillería SolarWorld
- 1 Suntrol con posibilidad de acceder mediante web o móvil
- 1 medidor de consumos
- Cableado

Características técnicas

Rendimiento de las placas	**14% [74]**
Potencia nominal	**235Wp**
Tensión máxima	**30.0V**
Corriente máxima	**7.85ª**
Material	**Policristalino**
Número de celdas	**60**
Rendimiento de los inversores	**97% [75]**

Tabla 6. Características técnicas Kit 5,2 kW Solar World.

Aproximadamente suministrará 7.321kWh/año, se supone que se instala en la zona centro de España [76.]

El presupuesto que da la empresa de este Kit es de 6.708 + IVA lo que sale un total de 8.116,68 euros.

4.3.1.3 Kit autoconsumo para potencia de 10,5 kW

El kit cuenta con los siguientes componentes:

- 45 Paneles Solares SolarWorld – SW235
- 1 Inversor SMA STP10000TL
- Estructura con tornillería SolarWorld
- 1 Suntrol con posibilidad de acceder mediante web o móvil
- 1 medidor de consumos
- Cableado

Características técnicas

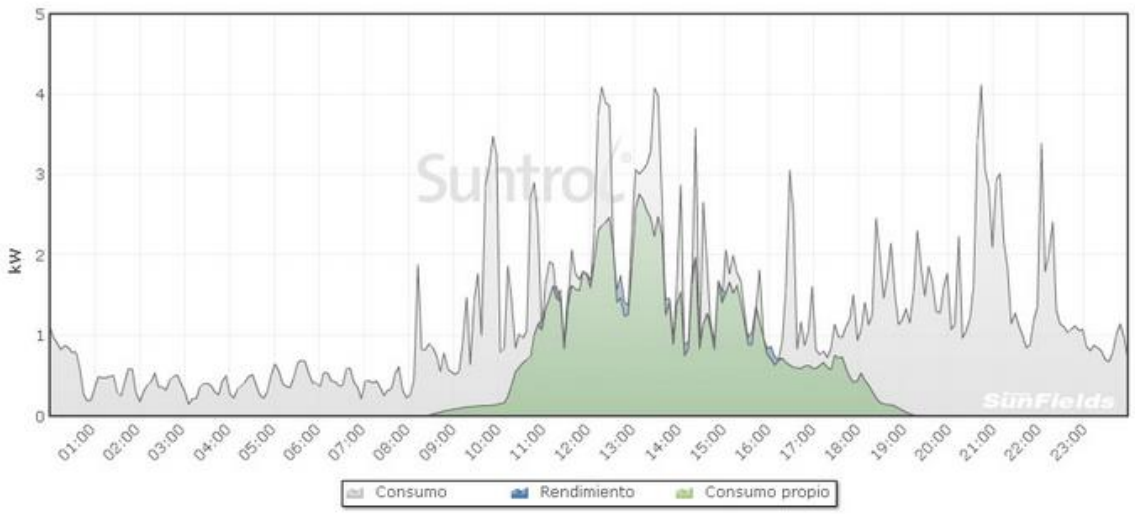
Rendimiento de las placas	**14% [74]**
Potencia nominal	**235Wp**
Tensión máxima	**30.0V**
Corriente máxima	**7.85ª**
Material	**Policristalino**
Número de celdas	**60**
Rendimiento de los inversores	**98.2% [75]**

Tabla 7. Características técnicas Kit 10,5 kW Solar World.

El presupuesto de esta instalación con el IVA ya incluido es de 15627,15

Aproximadamente suministrará 14.784 kWh/año, se supone que se instala en la zona centro de España [76].

A continuación se puede ver un caso real de funcionamiento de estas instalaciones, se trata de la gráfica de consumos/producción de una instalación de Pontevedra.



Gráfica 36. Comparativa generación FV y consumo domestico Solar World.

La gráfica gris representa el consumo de la vivienda en cada momento, por otro lado la gráfica verde representa la aportación del Kit de autoconsumo.

Este estudio concreto se hizo en invierno y el ahorro de la vivienda fue de un 35,3% [76].

Se puede apreciar que la producción está controlada de tal forma que no supere la demanda y así no tener que mandar nada a la red. En el momento que entre en vigor la regulación del balance neto, esto dejará de ser así y aumentará el ahorro.

4.3.2 Sharp

Sharp una de las principales empresas del sector de la electrónica, ha decidido apostar por el autoconsumo fotovoltaico.

Según Peter Thiele, experto solar de Sharp, es necesaria la inmediata incorporación de una legislación que regule el autoconsumo mediante balance neto, de modo que se allanará el camino de las energías sostenibles, y cada vez será mayor el número de gente interesada.

Ellos no son los que comercializan directamente los Kit de autoconsumo, una empresa externa comercializa Kit de autoconsumo cuyas placas solares son de la marca Sharp. En este caso se ha encontrado una tienda online que trabaja con ellos, además de con otros muchas marcas.

El Kit que se describea continuación es un Kit muy sencillo, formado para una única placa, por lo general, la gente interesada requiere de más potencia, para ello se debe aumentar el número de módulos.

4.3.2.1 Kit Solar Autoconsumo 240W

El kit está compuesto por:

- 1 panel Solar Sharp ND-240W
- 1 Microinversor de conexión a red Enphase M215
- 1 Cable Bus de conexión a red
- 1 esquema de la instalación con instrucciones de montaje

Características técnicas

Rendimiento de las placas	**14,6% [77]**
Potencia nominal	**240W**
Tensión máxima	**30.0 V**
Corriente máxima	**8ª**
Material	**Policristalino**
Número de celdas	**60**
Rendimiento de los inversores	**96%**

Tabla 8. Características Técnicas Kit240W Sharp.

El precio de este kit, es de 760 euros

4.3.3 Rec

Otra posible combinación de kit de autoconsumo es la que se ve a continuación en este caso se eligen placas solares de la empresa Rec.

El grupo Rec fabrica células, obleas y paneles de polisilicio, tanto para la industria solar, como para la industria electrónica.

Sin embargo el Kit del que se habla está comercializado por la empresa Pulsolar, ellos son los encargados de la venta directa y de la propia instalación.

4.3.3.1 Kit autoconsumo 940 W

- Placa solar Rec 235 kW
- Inversor PowerRouter PR50SB-PR

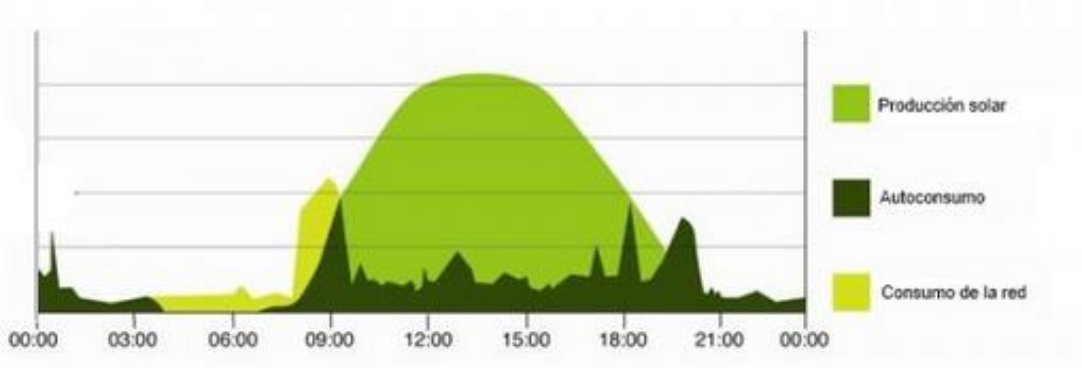
El inversor que compone este kit, es un inversor especial para autoconsumo, incorpora un seccionador y protección anti-isla, eliminan el vertido del excedente solar, en caso de fallo de red siguen suministrando tensión en la salida. Es de diseño holandés.

Características técnicas

Rendimiento de las placas	**14.2%**
Potencia nominal	**235W**
Tensión máxima	**29.8V**
Corriente máxima	**7.9ª**
Material	**Policristalino**
Número de celdas	**60**
Rendimiento del inversor	**94,5% [78]**
Rendimiento en el punto de máxima potencia	**99.9% en el punto de máxima potencia [78]**

Tabla 9. Características técnicas kit 940 W Rec.

El precio del inversor es de 6.884,90 [79] euros y el precio de cada placa de 330[80] euros en total sería 7.214,90 euros.



Gráfica 37. Comparativa producción solar y consumo energético.

4.3.4 Natural Project

Natural Project es una empresa que comercializa e instala tanto fotovoltaica en cubiertas como fotovoltaica aislada.

Dentro de la fotovoltaica en cubiertas cuenta con módulos solares fotovoltaicos de muy alto rendimiento y mucho prestigio tanto a nivel nacional como internacional. Cuenta también con células fotovoltaicas tanto para cubiertas como para fachadas. Para la fotovoltaica aislada trabaja con diferentes consumos y potencias.

Véase a continuación las características técnicas y el presupuesto para una vivienda que desea instalar 2 kW de potencia.

4.3.4.1 Kit autoconsumo

- 7 Módulos Light Way 245 Wp
- 7 estructuras de soportes de módulos sobre cubiertas
- 1 Inversor SMA SB 1600 TL-10
- 1 Sistema para autoconsumo sin vertido y sin protecciones Ordubox-PCM5000-1M

Características Técnicas

Rendimiento de las placas	**15%**
Potencia nominal	**245 W**
Tensión máxima	**29.8V**
Corriente máxima	**8.2ª**
Material	**Policristalino**
Número de celdas	**60**
Rendimiento de los inversores	**96% [81]**

Tabla 10. Características técnicas kit autoconsumo Natural Project.

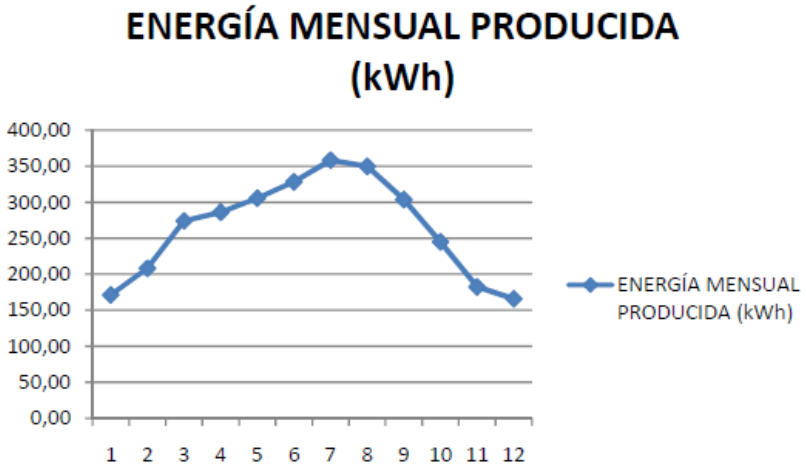


Gráfico 38 Energía producida por las placas Light Way.

El presupuesto final de esta instalación sería de 5.157 euros.

5 ANALISIS COSTE BENEFICIO DE SU IMPLANTACIÓN.

5.1 CARACTERISTICAS DEL ANALISIS ECONÓMICO

En este apartado se va a ver a partir de qué año, a un particular, un pequeño comercio o instalaciones de baja potencia, le renta tener instalado autoconsumo mediante balance neto. Este estudio, va a requerir de varias suposiciones e hipótesis, dado que a día de hoy no existe un Real decreto que lo regule.

Aún así la intención es que sea lo más explicito y real posible.

Este estudio se va a basar en la técnica económica conocida como Pay Back, esta técnica determina el plazo de recuperación de una inversión cualquiera atendiendo a todos los factores que le rodean. Con esta herramienta económica se podrá elegir entre varios proyectos el mejor para el cliente, basándose en el hecho de con cuál de todos se recuperaría antes el dinero invertido, o lo que es lo mismo con cual se empezaría antes a obtener beneficios.

Para poder hacer este estudio lo más real posible, como se ha comentado antes, se van a tener que hacer varias hipótesis.

En primer lugar se elegirán tres potencias diferentes, para abarcar diferentes campos, y no centrarse solo en un tipo de vivienda o edificación. Recordar que el margen es hasta los 100 kW, que es hasta donde abarca el marco regulatorio 1699/2011 para instalaciones de baja potencia que se pretende complementar con un nuevo Real Decreto que regule el balance neto.

Las potencias que se van a utilizar para el estudio son: 3 kW,20 kW y 100 kW.

Estas potencias se han elegido por las siguientes razones:

La primera es una potencia de 3 kW, típica de una vivienda unifamiliar, este caso va a ser el más real de todos ya que se ha instalado un medidor de consumo en la propia vivienda para justificar algunas decisiones, más adelante se explicará para que. Se va a suponer que la vivienda unifamiliar es de 300 m^2. La primera instalación va a ser fija sobre tejado y estará constituida por 9 placas solares, dado que se han elegido para dicha instalación las mencionadas en el apartado 4.3.1.1 SolarWorld SW240 de 240 W cada una y 1 inversor también mencionado en dicho apartado.

La segunda es una potencia de 20 kW, la idea de elegir esta potencia surgió de una noticia sacada de internet [82] donde se habla de la puesta en marcha de una instalación de autoconsumo en dos gasolineras de Pontevedra, cada una de 20 kW. Cada gasolinera cuenta con un total de 90 placas solares y 2 inversores, está instalación será fija y al igual que la primera también será sobre tejado.

Por último la tercera potencia aparte de ser el límite superior que regula el RD 1699/2011, es la de un proyecto que se puso en marcha para autoabastecer una industria dedicada a la fabricación de envases de plástico en Girona [83]. Esta instalación a de contar con aproximadamente 430 placas solares y 6 inversores. La instalación se llevará a cabo sobre el tejado de la fábrica y será fija, al igual que los dos casos anteriores.

El consumo de estas tres instalaciones sería el siguiente:

Potencia kW	**Consumo energético kWh/año**
3	2.606
20	12.360
100	180.000

Tabla 11. Consumo energético de las instalaciones.

En los siguientes párrafos se va a explicar la elección de estos tres consumos.

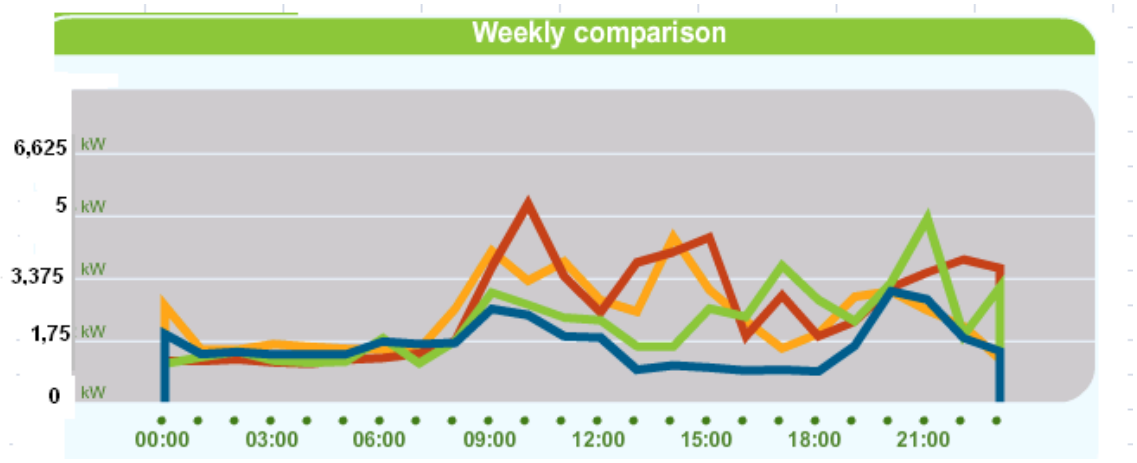
Como se ha comentado en un párrafo anterior el primero de los casos es el de una vivienda unifamiliar.

Según estudios recientes de la OCU (organización de consumidores y usuarios) una casa española consume al año 9.922 kWh [84]. Es evidente que no todo el mundo consume lo mismo. Las viviendas unifamiliares (casas aisladas) duplican el gasto de energía anual con respecto a los pisos y bloques de vivienda, 15.513 kWh frente a 7.544 kWh.

A medida que las casas están ubicadas en zonas más frías el consumo también es mayor unos 12.636 kWh, frente a los 9.293 kWh de la zona atlántica o los 8.363 kWh de la zona mediterráneas.

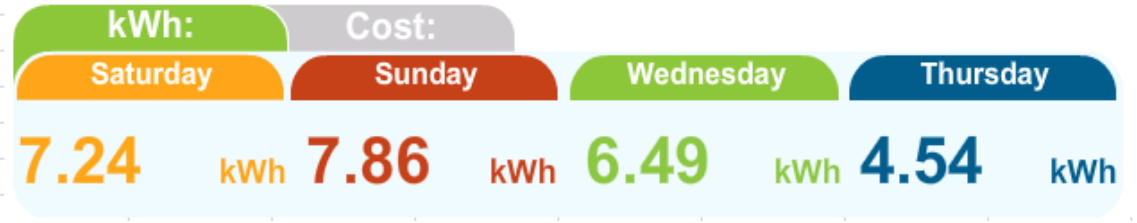
Para hacerlo lo más real posible se ha instalado durante un mes un medidor de energía, con el se han ido tomando una serie de medidas preliminares. Si se hubiese dispuesto del medidor con anterioridad, se habrían tomado medidas anuales.

De este medidor se obtuvieron los siguientes datos:



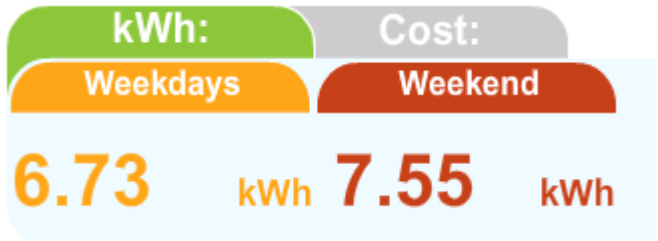
Gráfica 39 Consumo energético semanal

Este grafico muestra el consumo energético real de una semana concreta, en una vivienda unifamiliar por horas. Cada color corresponde a un día de la semana. A continuación se van a adjuntar las medias obtenidas por el programa asociado al medidor, diferenciadas también por días de la semana.



Gráfica 40 Consumo energético diferenciado por días.

Además de esa opción el programa permite diferenciar los consumos de los días de diario con los de fin de semana.



Gráfica 41. Consumo energía diferenciando semana y fines de semana.

Estos últimos son los datos que se van a utiliza para determinar el valor del consumo medio anual.

Para ello se va a hacer una media entre los dos consumos obtenidos, los del fin de semana y los de entre semana.

$$\frac{6{,}73 + 7{,}55}{2} = 7{,}14kWh$$

Como lo que se pretende es obtener el consumo medio anual multiplicaremos este valor por los 365 días del año.

$$7{,}14 \times 365 = 2.606{,}1kWh/año$$

Con esto ya se ha obtenido el valor del consumo anual de nuestra vivienda. Se ha de tener en cuenta que el valor obtenido es un valor aproximado dado que a lo largo del año los consumos varían en función de la época en la que se esté.

El segundo dato es el consumo real de la gasolinera en Pontevedra donde se quiere instalar autoconsumo, obtenido de la propia noticia.

Y por último el consumo energético de la fábrica de plásticos es un dato que se ha estimado, es un consumo tipo cuando se trata de procesos intensivos en el consumo de energía.

Para estas tres potencias se van a introducir algunas variantes, que van a influir muy de lleno en el estudio económico, y que no se sabe con certeza qué valor han de tomar.

Se trata de variables que se sabe que variaran anualmente por su evolución histórica, pero que sin embargo no se sabe ni cómo ni en qué medida. Es por eso que el estudio se realizará para diferentes hipótesis.

Las variables a tener en cuenta son las siguientes:

- Ubicación geográfica.
- Evolución de las tarifas eléctricas.
- Forma de autoconsumo.
- Porcentaje de la tarifa (de acceso) que asume el cliente de balance neto.
- Costes de la inversión en tecnología fotovoltaica y coste anuales.
- Precio de la energía fotovoltaica.

A continuación se van a definir cada una de estas variables para entender su importancia y aportación en el estudio económico.

Además se irán dando valor a todas ellas para saber qué valor irán tomando a lo largo del proyecto, con la pertinente explicación de porque se han elegido dichos valores.

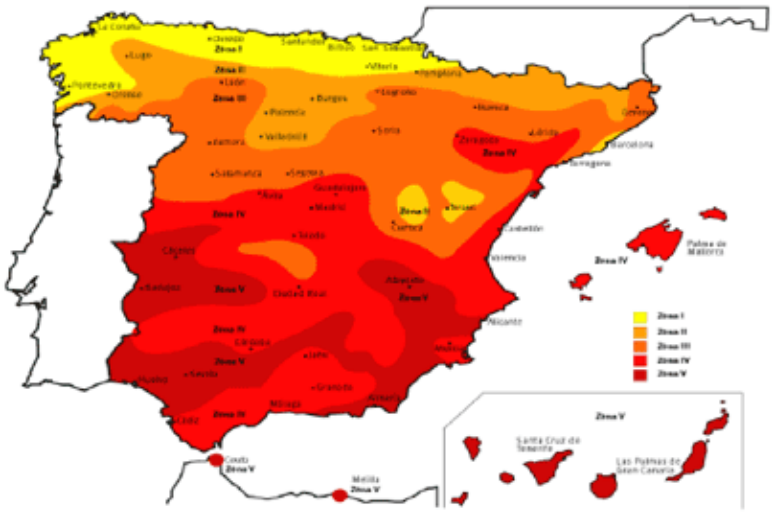
5.1.1 Ubicación geográfica

En España se pueden diferenciar cinco zonas climáticas según se especifica en el RD 14/2010, por el que se establecen medidas urgentes para la corrección del déficit tarifario del sector eléctrico en función de la irradiación solar media anual. Estas zonas se determinan con los números romanos del uno al cinco de menos a más irradiación.

En este Real decreto se determina también el número de horas de sol equivalentes, en función de la zona climática en la que nos encontremos.

Este dato va a ser de utilidad para estimar de forma teórica el valor de la energía generada en cada uno de los casos que se van a estudiar.

Es lógico realizar el estudio para cada una de las diferentes zonas, dependiendo de en cuál de estas se sitúe la vivienda, edificio o pequeño comercio, con intención de invertir en autoconsumo con balance neto, el periodo de recuperación será diferente, ya que la energía generada dependerá de este factor y por lo tanto a mayor energía generada por lo general, menor será el plazo de recuperación.



Gráfica 42 Zonas climáticas en España

TECNOLOGÍA	HORAS EQUIVALENTES DE REFERENCIA AL AÑO				
	ZONA I	ZONA II	ZONA III	ZONA IV	ZONA V
Instalación fija	1.232	1.362	1.492	1.632	1.753
Instalación con seguimiento a 1 eje	1.602	1.770	1.940	2.122	2.279
Instalación con seguimiento a 1 eje	1.664	1.838	2.015	2.204	2.367

Tabla 12 Hora equivalentes de referencia al año

Dependiendo de la ubicación geográfica la energía generada variará, para calcularla se ha utilizado el programa PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), concretamente se calculará la producción media anual para una potencia determinada para cada una de las posibles zonas, como el programa no permite diferenciar por zonas, se elegirá una comunidad dentro de cada una de las zonas para estimar este valor aproximado:

- Zona I La Coruña
- Zona II Burgos
- Zona III Soria
- Zona IV Madrid
- Zona V Sevilla

	Zona I	Zona II	Zona III	Zona IV	Zona V
2 kW	2.860	2.980	3.210	3.400	3.480
20 kW	28.600	29.800	32.100	34.000	34.800
100 kW	143.000	149.000	160.000	170.000	174.000

Tabla 13.Energía generada por zonas climáticas y por potencia.

5.1.2 Evolución de las tarifas eléctricas

Todo cliente deberá pagar una tarifa de acceso determinada, esta tarifa la ha de contratar el cliente e irá en función de la potencia contratada.

Dado que se ha decidido realizar el estudio para tres tipos de potencias diferentes, es lógico que a cada una de las potencias les corresponda una tarifa de acceso diferente, a no ser que las potencias sean muy similares y se encuentren dentro del mismo rango tarifario.

Dependiendo de las tarifas de acceso contratadas, variará tanto el precio de la energía, como las tarifas de acceso fijas y variables.

En este estudio los clientes tienen los contratos eléctricos con la compañía eléctrica Gas Natural Fenosa, por ello las tarifas y precios que se determinen para el año cero serán reales, facilitadas por la propia compañía.

POTENCIAS (kW)	TARIFAS
3 kW	2.0 A
20 kW	2.1 A
100 kW	3.1 A

Tabla 14. Tarifa eléctrica por potencia.

A continuación se van a poder ver los precios tanto de la energía como de las tarifas de acceso de este año 2013.

Los peajes de acceso se modifican de forma anual, mientras que los precios de la energía cambian de forma trimestral todos los datos están actualizados hasta la fecha.

	Precio de la energía		Peajes de acceso	
	Término de Potencia €/kWaño	Término de Energía €/kWh	Término de Potencia €/kW	Término de Energía €/kWh
3 kW	21,89	0,139	17,89	0,069
20 kW	36,98	0,187	35,52	0,063
100 kW	23,02	0,136	23,02	0,041

Tabla 15.Precio de la energía y peajes de acceso a la red.

Para poder determinar los valores para la tarifa 3.1.A (la de 100 kW) se debe tener en cuenta que es de 3 periodos, por ello se va a estimar un porcentaje de consumo para cada uno de los periodos.

Se ha decidido adjudicar un 80% del consumo al periodo 1 (punta) un 15% para el periodo 2 (llana) y un 5% para el periodo 3(valle).

Precio de la energía

Término de potencia:

$$(0{,}8 \times 25{,}59) + (0{,}15 \times 15{,}78) + (0{,}05 \times 3{,}62) = 23{,}02 €/kW$$

Término de energía:

$$(0{,}8 \times 0{,}142) + (0{,}15 \times 0{,}125) + (0{,}05 \times 0{,}082) = 0{,}136\ €/kWh$$

Peaje de acceso

Término de potencia:

$$(0{,}8 \times 25{,}59) + (0{,}15 \times 15{,}78) + (0{,}05 \times 3{,}62) = 23{,}02€/kW$$

Término de energía:

$$(0{,}8 \times 0{,}043) + (0{,}15 \times 0{,}039) + (0{,}05 \times 0{,}024) = 0{,}041\ €/kWh$$

Una vez obtenidos los siguientes datos, lo que se pretende es reducir el precio de la energía a un único valor.

Para ello se va a realizar una media para así obtener el precio final de la energía (P_e):

$$P_e = \frac{(P_{cnt} \times P_p) + (P_{cns} \times P_{eng})}{P_{cnt}} = €/\text{kWh}$$

$P_e = precio\ medio\ de\ la\ energía$

$P_{cnt} = potencia\ contratada\ (kW)$

$P_p = precio\ energía\ término\ de\ potencia(\frac{€}{kW})$

$P_{cns} = energía\ consumida\ \left(\frac{kWh}{año}\right)$

$P_{eng} = Precio\ energía\ término\ de\ energía\ (\frac{€}{kWh\ año})$

Precio final de la energía para las 3 instalaciones:

$$P_e(3\ \text{kW}) = \frac{(3 \times 21{,}89) + (2606 \times 0{,}139)}{2606} = 0{,}164\ \frac{€}{\text{kWh año}}$$

$$P_e(20\ kW) = \frac{(20 \times 36{,}98) + (12360 \times 0{,}187)}{12360} = 0{,}246\ \frac{€}{kWhaño}$$

$$P_e(100kW) = \frac{(100 \times 23{,}02) + (180000 \times 0{,}136)}{180000} = 0{,}149\ \frac{€}{kWh\ año}$$

	Precio de la energía	Peajes de acceso	
	Precio medio de la energía en €/kWh	Término de Potencia €/kW	Término de Energía €/kWh
3 kW	0,164	17,89	0,069
20 kW	0,246	35,52	0,063
100 kW	0,149	23,02	0,041

Tabla 16. Precio final de la energía y peajes de acceso

Lo difícil del asunto y donde empiezan a entrar en juego las hipótesis, es en el tema de las subidas de los precios.

En los últimos años la evolución de los precios de la electricidad ha estado en continuo crecimiento, lo cual es un indicador de que la tendencia se mantendrá, ¿pero cuanto, en qué medida? Aquí es donde empiezan a entra en juego las primeras hipótesis.

Es importante determinar este dato, ya que a mayores subidas menores serán los plazos de recuperación de la inversión y más beneficiado saldrá el cliente.

Gráfica 43. Subida de los precios de la electricidad.

Se puede ver que en los últimos años las tendencias de subida cada vez son mayores.

Sin embargo es prácticamente imposible asegurar que la tendencia siga siendo la misma.

Por ello como es un dato que se desconoce se van a realizar tres hipótesis, tres posibles subidas de los precios con el paso de los años, atendiendo a las tendencias de años atrás.

POSIBLE SUBIDA DE LOS PRECIOS DE LA ELECTRICIDAD	
PRIMERA POSIBLE SUBIDA	**2,5%**
SEGUNDA POSIBLE SUBIDA	**5,5%**
TERCER POSIBLE SUBIDA	**10%**

Tabla 17. Subidas de los precios de la electricidad.

5.1.3 Formas de autoconsumo

La forma que tiene un cliente de autoconsumir la energía generada es muy relativa, depende de bastantes factores.

En primer lugar depende del tipo de uso que se le dé a la instalación. No es lo mismo un pequeño comercio, que está abierto mayoritariamente en las horas de luz, que un ciudadano que lo instale en su casa y trabaje fuera.

En este estudio se van a distinguir tres posibles tipos de consumo. Para ello primero se van a definir los diferentes tipos de consumo que existen.

Por un lado está el autoconsumo instantáneo, es aquel que se consume en el mismo momento en que se está generando, por otro lado está el autoconsumo diferido, es aquel que se consume de los excedentes que se mandaron a la red, por ejemplo por el día has producido más cantidad de los que realmente has consumido de forma instantánea, los excedentes se mandan a la red, y por la noche los consumes de la red ya que en ese momento no estás generando. Ese sería el autoconsumo diferido.

Por último está el consumo de la propia Red, es lo que se compra a la compañía eléctrica cuando no se cubre el consumo con los excedentes.

En función de nuestra manera de consumir, los precios que se asumirán serán mayores o menores, es importante determinar que tanto por ciento del consumo está destinado a cada una de las tres formas.

Cuanto menos se pague antes se recuperará la inversión y antes se empezará a recibir beneficios.

Como ya se ha dicho en párrafos anteriores, la forma de consumir depende mucho del tipo de uso que se le dé, por ello se ha considerado pertinente hacer el estudio para tres formas de consumir diferentes.

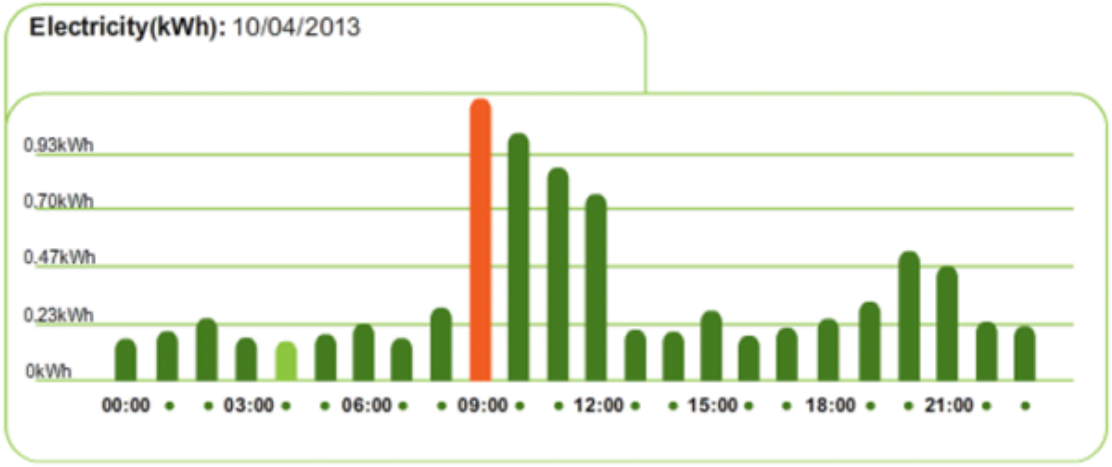
Para elegir la primera de las formas de autoconsumo se ha realizado un estudio paralelo, el autoconsumo que se obtenga de este modo es el que más se va a parecer al de una vivienda unifamiliar aunque luego se tenga en cuenta para las tres potencias.

El estudio ha consistido en colocar un medidor de consumo en una vivienda que tiene 3 kW de potencia contratada. Se ha intentado gestionar la demanda de modo que se consumiera lo que fuera posible consumir en horas de sol (lavadora, friegaplatos). Se han estado tomando medidas a lo largo del mes de abril, y se ha ido haciendo un seguimiento. Con esto se ha podido ver la potencia media consumida diferenciada por días, por semana y fin de semana, las puntas de demanda y la energía máxima demandada.

Esos datos son los que se han usado para determinar el consumo medio anual.

Como el programa es capaz de descomponer los consumos día a día, se buscó un día cuyo consumo fuese lo más parecido al de la media. Ese día fue el 10 de abril.

A continuación la grafica del consumo energético por horas de ese mismo día.



Gráfica 44.Consumo energético por horas del día 10 de abril.

Con estos datos lo que se pretende es hacer una comparativa entre el consumo de un día elegido y la producción que se tendría ese mismo día si se tuviesen instaladas placas solares en el tejado, para ver si realmente se puede cubrir parte del consumo diario de manera instantánea.

Para ello se ha supuesto que se instalan en el tejado de la vivienda paneles solares, de forma que se cubran 2/3 de la potencia contratada, es decir en el tejado se instalarían 2.000 W.

La idea final de elegir 2/3 de la potencia contratada fue que tras varias simulaciones se cayó en la cuenta del error que supondría instalar más potencia, sería ruinoso para el inquilino, ya que la mayoría de la energía se mandaría a la red.

En el momento actual no tendría sentido ya que se perdería a cambio de nada, y en caso de existir autoconsumo con balance neto tampoco ya que los excedentes eran tan grandes que el balance neto no se vería compensado ni en el periodo de un año.

Eligiendo las placas del apartado 4.3.1.1 es decir de 240 W, se necesitarían un total de:

$$\frac{2000}{240} = 8{,}3 = 9\ paneles.$$

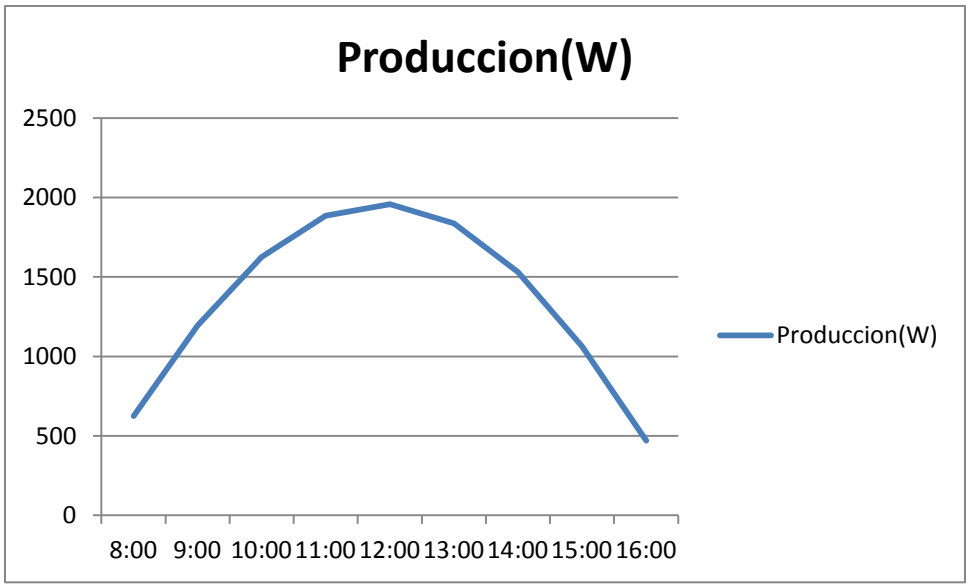
Cada panel tiene las siguientes dimensiones 1.675 × 1.001 × 31 [74] mm, luego ocupa 1,676 m^2, por lo que se tienen 15,084 m^2 de techo cubierto, considérese que se tiene un tejado capacitado de estas dimensiones. Se ha de hacer, para cada caso un estudio detallado de la localización de los paneles de modo que se puedan orientar e inclinar de forma óptima, y evitando el sombreado total o parcial. En este diseño preliminar se ha supuesto que así es.

Atendiendo a los datos proporcionados por PVGIS de ese día con la irradiación que había obtendríamos los siguientes W/m2

Hora	w/m2	Producción (W)	Resultado (W)
8	290	290*15,084*0,143	625,53
9	554	554*15,084*0,143	1.194,98
10	754	754*15,084*0,143	1.626,38
11	874	874*15,084*0,143	1.885,23
12	908	908*15,084*0,143	1.958,56
13	852	852*15,084*0,143	1.837,77
14	710	710*15,084*0,143	1.531,47
15	493	493*15,084*0,143	1.063,41
16	218	218*15,084*0,143	470,23
			12.193,56

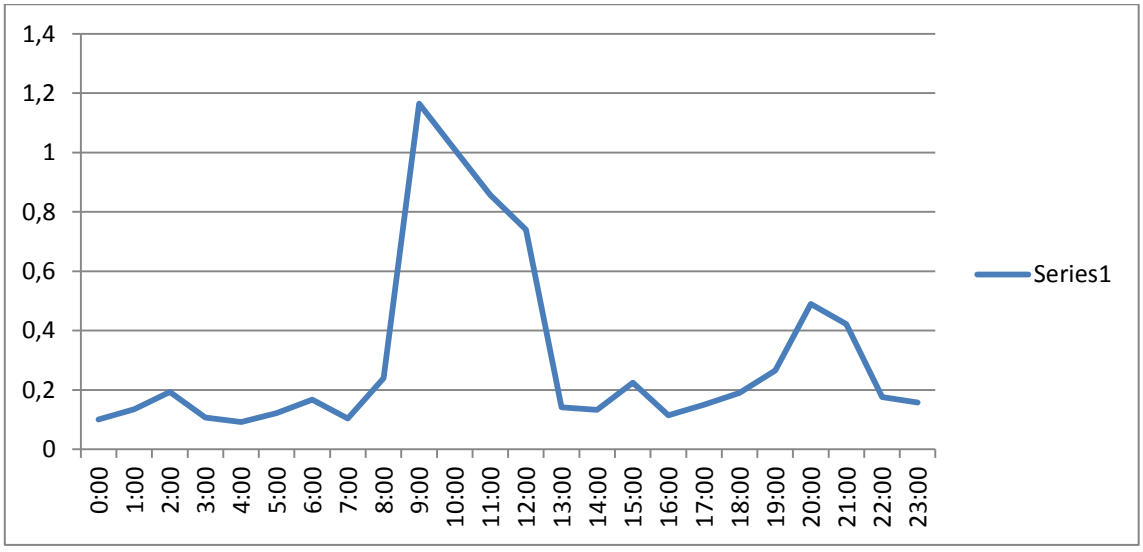
Tabla 18. Generación energética del día 10 de abril.

La producción sale de multiplicar e dato que proporciona el PVGIS por los metros cuadrados de placas que hay en el tejado todo ello por el rendimiento.



Gráfica 45.Curva de producción energética.

A continuación se muestra el consumo medio por horas de la vivienda el día 10 de abril recogidos del medidor:



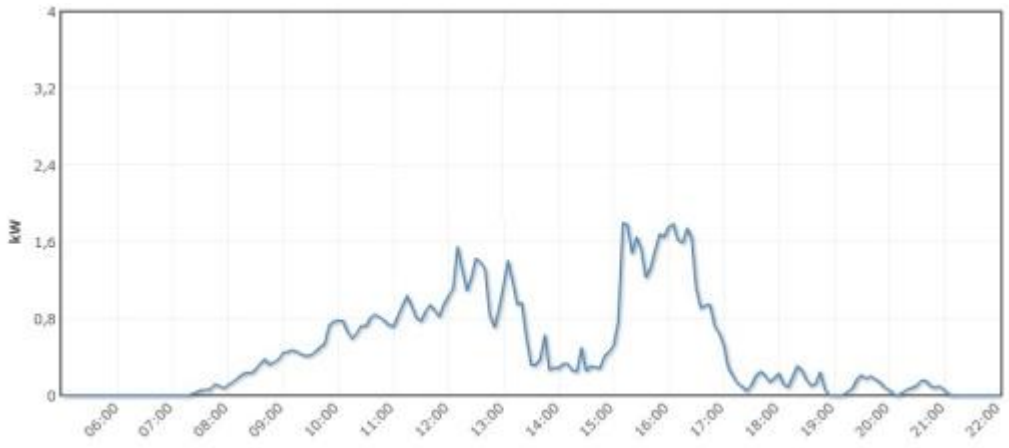
Gráfica 46. Consumo energético por horas.

Comparando ambas gráficas se observa que la idea de concentra el mayor número de cargas en las horas de luz ayudaría a conseguir un alto porcentaje de autoconsumo instantáneo en dichas horas.

Uno de los problemas que presentó el medidor es que no era capaz de medir la potencia instantánea, sin embargo lo que se tiene es muy próximo a la realidad, el controlar las cargas de nuestra vivienda permite demostrar que es posible tener autoconsumo instantáneo en las horas de Sol.

En el caso que se está analizando, el autoconsumo instantáneo se daría desde las 8:00 hasta las 16:00 cubriendo prácticamente la totalidad del consumo en esas horas ya que observando la gráfica 45 se ve que se podría cubrir el total del consumo en esas horas.

A continuación se va a mostrar un patrón de consumo aportado por la empresa Solar World, en el que si se puede apreciar el consumo instantáneo.



Gráfica 47.Potencia consumida según Solar World

La idea es ver que un consumo real como el que se ha medido en la vivienda puede ser muy similar a los que aportan las empresas solares con el que aseguran un determinado autoconsumo instantáneo. Dado el alto grado de similitud entre la gráfica medida y la aportada por la empresa Solarworld, y dado también que se han elegido las placas de la misma para el estudio, se puede tomar por bueno el autoconsumo que asegura la propia empresa en su página web.

Este consumo es de un 41,7% [76] de forma instantánea se va a considerar que un 38% es consumido de forma diferida y que el 20,3% restante es comprado a la Red.

La segunda forma de autoconsumo se considerará del siguiente modo: un 20% de forma instantánea, un 50% de forma diferida y un 30% se compra a la Red. Este caso es típico de viviendas que están vacías en las principales horas de luz y por ello los consumos de por la mañana son muy bajos, por ejemplo sin programar cargas.

Por último el caso menos real de todos pero que merece la pena estudiar, un autoconsumo instantáneo del 100%.

AUTOCONSUMO DIFERIDO			
	AUTOCONSUMO INSTANTANEO	AUTOCONSUMO DIFERIDO	CONSUMO DE LA RED
CASO 1	41,7	38	20,3
CASO 2	20	50	30
CASO 3	100	0	0

Tabla 19.Posibles formas de autoconsumo

5.1.4 Porcentaje de la tarifa de acceso que asumirá el cliente

A día de hoy existen muchas incógnitas sin resolver, no estarán claras hasta que salga a la luz el Real Decreto que regule el Autoconsumo mediante Balance Neto, y esta es una de ellas.

Dado que es algo desconocido, se van a definir tres situaciones diferentes, una donde el cliente asuma la mayor parte, otra donde se asuma solo la mitad, y por último la más beneficiosa para el cliente en la que asuma una pequeña parte de esta.

Este valor también va a influir mucho ya que cuanto más pague el cliente, al ser una parte del autoconsumo, más tardará en recuperar la inversión.

Dado que son datos que aún se desconocen se van a realizar tres hipótesis. En la primera el cliente saldrá más beneficiado que la compañía, en el segundo el cliente asumirá la mitad, y el último de los casos será el más desfavorable para el cliente.

PARTE DEL PEAJES DE ACCESO EN TERMINO DE ENERGÍA QUE ASUME EL CLIENTE	
CASO 1	**20%**
CASO 2	**50%**
CASO 3	**80%**

Tabla 20. Parte de la tarifa de acceso que asume el cliente.

5.1.5 Costes de la inversión y costes anuales

El coste que se pagará por realizar una instalación de este tipo, es uno de los factores que más va a influir en el periodo de retorno de la instalación.

La inversión final se desglosa en varias partes:

- Inversión económica inicial
  - Coste de la instalación
  - Coste de conexión
  - Coste de permiso de obra

El coste de una instalación depende en gran medida de la potencia pico que se quiera instalar. En este estudio vamos a considerar la Potencia pico un 10% superior a la potencia nominal siendo la nominal la Potencia del inversor.

Inversión económica inicial

POTENCIA NOMINAL (kW)	2	20	100
POTENCIA PICO kWp	2,2	22	110
COSTE DE LA INSTALACIÓN (€/Wp) 2013	2,6	2,4	2,2
COSTE INSTALACIÓN (€)	5.720	52.800	242.000
COSTE PERMISO DE OBRA(€)	121,44	1.056	4.796
COSTE CONEXIÓN (€)	34	340	10.000
INVERSIÓN ECONÓMICA INICIAL (€)	5.875,44	54.196	256.796

Tabla 21. Inversión económica.

- Costes anuales
  - Costes de seguro
  - Costes de mantenimiento
  - Costes administrativos

Los costes de mantenimiento se van a considerar constantes en los sucesivos años.

Costes anuales

POTENCIA Kw	2	20	100
COSTE DE SEGURO (€)	356,45	363,21	588,11
COSTES TOTALES DE MANTENIMIENTO (€)	325	1.250	3.375
COSTES ADMINISTRATIVO (€)	60	60	60
INVERSIÓN FINAL (€)	**741,45**	**1.673,21**	**4.023,11**

Tabla 22. Costes anuales.

A continuación se va a explicar cómo se han obtenido los valores especificados en las tablas de arriba:

Los costes de la instalación (€/Wp) son aportados por la empresa SolarWorld, son los precios con los que ellos trabajan este año 2013.

Los costes por el permiso de obra son del 4% de los costes de inversión según lo especifica la Ordenanza Fiscal nº 55.

Los costes de conexión según Eduardo Collado director de la UNEF, para instalaciones menores o iguales a 20 kW son de 17 €/kWn y para mayores de 20 kW son de 100 €/kWn.

La inversión económica inicial, es la suma de estos tres valores.

Los costes del seguro anual han sido proporcionados por la Correduría Multinacional de seguros Marsh, los precios que ellos barajan van en función del coste total de la instalación y de los kWp instalados, sin embargo como se puede apreciar, la diferencia entre los costes del seguro de la instalación de 2 kWp y la de 20 kWp son muy pequeñas, según nos comenta el comercial de Marsh, hasta potencias de 50 kWp los costes del seguro apenas varían.

Los costes de mantenimiento son aportados por la empresa Eresol dedicada al mantenimiento de este tipo de instalaciones.

Los costes administrativos se han asumido igual que Eduardo Collado [UNEF] en uno de sus estudios económicos para calcular la rentabilidad del autoconsumo.

Por último la inversión final es la suma de todos los factores definidos.

5.1.6 Precio de la energía fotovoltaica

El precio de la energía fotovoltaica va a ser lo que se va a pagar por cada kW de energía que se consuma de manera instantánea o diferida. Independientemente de los costes fijos y variables, que más adelante se verán en que influyen.

Un estudio realizado por EPIA (Asociación Europea de la Industria Fotovoltaica), asegura que los precios de la energía fotovoltaica caerán un 8% año a año.

Según un proyecto de balance neto realizado en la Universidad Carlos III de Madrid, asegura que el precio de la energía fotovoltaica generada en 2012 era de 25 c€ el kWh [85] según datos recogidos de IDAE, si se aplica la supuesta caída del 8% en los precios, la cifra que se debe manejar en este año sería de:

$$\mathbf{25 - (25 * 0,08) = 23}\boldsymbol{cnt/kWh}$$

Por lo tanto se va a tomar este valor de 23cent/kWh por energía fotovoltaica generada, para realizar el estudio de viabilidad económica de instalaciones de autoconsumo.

5.2 CÁLCULOS PARA REALIZAR EL ESTUDIO

Los cálculos van a consistir en comparar dos situaciones, por un lado si el cliente tuviese instalado autoconsumo y por otro lado si no lo tuviese contratado.

Esto permitirá ver el ahorro que se conseguiría año a año y así comparándolo con lo inversión inicial y los gastos anuales se podrá determinar el año de retorno de la inversión.

Ahorro anual* = *Coste total sin autoconsumo*- *Coste total con autoconsumo

Coste total sin autoconsumo =*Coste energía (A) + Coste peaje acceso termino de potencia (B) +Coste peaje de acceso termino de energía (C)*

$$A = Energía\ consumida \cdot Precio\ medio\ de\ la\ energía$$

$$B = Potencia\ contratada\ \cdot\ Peaje\ de\ acceso\ termino\ de\ potencia$$

$$C = Energía\ consumida\ \cdot\ Peaje\ de\ acceso\ término\ de\ energía$$

Coste total con autoconsumo= *Coste energía (D) + Coste peaje de acceso termino de potencia (E) +Coste peaje de acceso término de energía (F)*

$$D = (Energia\ autoconsumida\ instantanea + Energía\ autoconsumida\ diferida) \cdot Precio\ energía\ FV + (Energía\ Comprada \cdot Precio\ medio\ de\ la\ energía)$$

$$E = Potencia\ instalada \cdot\ Peaje\ de\ acceso\ término\ de\ potencia$$

F = (Energía autoconsumida diferida · peaje de acceso término de energía · %que asume el cliente)

Es importante saber que la energía autoconsumida de forma instantánea y de forma diferida se calcula sobre el mínimo valor entre la energía consumida o la generada.

A continuación un ejemplo:

Supongamos la primera forma de consumir especificada en el apartado 5.1.3, y el consumo de la vivienda de 3 kW en una zona 1.

Energía generada	Energía consumida (G)	Autoconsumo instantáneo (H)	Autoconsumo diferido (I)	Compra a la red
2.860	2.606	0,417*min(2860;2606)	0,38*min(2860;2606)	G-H-I

Tabla 23. Calculo del autoconsumo instantáneo y diferido.

Una vez se tenga el ahorro se calculará la inversión restante

$$Inversión\ restante = Inversión + Costes\ anuales - Ahorro$$

Cuando este valor sea igual a 0 se habrá recuperado la inversión.

A continuación se especificarán los años de recuperación de todos los casos posibles que se han planteado para el estudio.

Para el primer supuesto se mostraran los cálculos al completo:

Este primar caso trata de una vivienda unifamiliar de 3 kW de potencia contratada y 2 kW de potencia instalada. Considérese que la forma de autoconsumo que se da en esta vivienda es la de 41,7% autoconsumido de forma instantánea, 38% autoconsumido de forma diferida y 20,3% comprado a la red. Supóngase una subida del coste de las tarifas de un 10% y que el cliente asume un 50% de los costes en la parte variable de los gastos.

	P.M.E €/kWh	P.A.T.E €/kW/h	P.A.T.P €/kW	P.E FV €	C.E €	C.P.A.T.P €	C.P.A.T.E €	C.T €	A.A €	I.R €	A
S	0,16	0,07	17,89		427,38	53,67	179,81	660,87			1
C	0,16	0,03	17,89	0,02	134,53	35,78	34,16	204,47	456,39	6160,50	
S	0,18	0,08	19,68		470,12	59,04	197,80	726,95			2
C	0,18	0,04	19,68	0,02	139,38	39,36	37,58	216,32	510,63	6391,31	
S	0,20	0,08	21,65		517,13	64,94	217,57	799,65			3
C	0,20	0,04	21,65	0,02	145,41	43,29	41,34	230,04	569,61	6563,16	
S	0,22	0,09	23,81		568,85	71,43	239,33	879,62			4
C	0,22	0,05	23,81	0,02	152,67	47,62	45,47	245,77	633,84	6670,76	
S	0,24	0,10	26,19		625,73	78,58	263,27	967,58			5
C	0,24	0,05	26,19	0,02	161,25	52,39	50,02	263,65	703,92	6708,29	
S	0,26	0,11	28,81		688,31	86,44	289,59	1064,33			6
C	0,26	0,06	28,81	0,02	171,21	57,62	55,02	283,86	780,48	6669,26	
S	0,29	0,12	31,69		757,14	95,08	318,55	1170,77			7
C	0,29	0,06	31,69	0,01	182,66	63,39	60,52	306,58	864,19	6546,52	
S	0,32	0,13	34,86		832,85	104,59	350,41	1287,84			8
C	0,32	0,07	34,86	0,01	195,72	69,73	66,58	332,02	955,83	6332,15	
S	0,35	0,15	38,35		916,14	115,05	385,45	1416,63			9
C	0,35	0,07	38,35	0,01	210,49	76,70	73,23	360,42	1056,20	6017,39	
S	0,39	0,16	42,18		1007,75	126,55	423,99	1558,29			10
C	0,39	0,08	42,18	0,01	227,13	84,37	80,56	392,05	1166,24	5592,60	
S	0,43	0,18	46,40		1108,52	139,21	466,39	1714,12			11
C	0,43	0,09	46,40	0,01	245,78	92,80	88,61	427,20	1286,92	5047,13	
S	0,47	0,20	51,04		1219,38	153,13	513,03	1885,53			12
C	0,47	0,10	51,04	0,01	266,62	102,08	97,48	466,18	1419,35	4369,23	
S	0,51	0,22	56,15		1341,31	168,44	564,33	2074,09			13
C	0,51	0,11	56,15	0,01	289,85	112,29	107,22	509,37	1564,72	3545,96	
S	0,57	0,24	61,76		1475,45	185,28	620,77	2281,50			14
C	0,57	0,12	61,76	0,01	315,67	123,52	117,95	557,14	1724,35	2563,06	
S	0,62	0,26	67,94		1622,99	203,81	682,84	2509,65			15
C	0,62	0,13	67,94	0,01	344,33	135,87	129,74	609,95	1899,70	1404,81	
S	0,69	0,29	74,73		1785,29	224,19	751,13	2760,61			16
C	0,69	0,14	74,73	0,01	376,09	149,46	142,71	668,27	2092,34	53,92	
S	0,75	0,32	82,20		1963,82	246,61	826,24	3036,67			17
C	0,75	0,16	82,20	0,01	411,24	164,41	156,99	732,63	2304,04	-1508,67	

Gráfica 48 Estudio económico detallado

Significado de los diminutivos

$P.M.E = precio\ medio\ de\ la\ energía$

$P.A.T.E = Peaje\ de\ acceso\ término\ de\ enrgía$

$P.A.T.P = Peaje\ de\ acceso\ término\ de\ potencia$

$P.E\ FV = precio\ de\ la\ energía\ fotovoltaica$

$C.E = coste\ de\ la\ energía$

$C.P.A.T.P = Costes\ peaje\ de\ acceso\ término\ de\ potencia$

$C.P.A.T.E = Coste\ peaje\ de\ acceso\ término\ de\ energía$

$C.T = Coste\ total$

$A.A = Ahorro\ anual$

$I.R = Inversión\ restante$

$A = Año$

$S = Sin\ autoconsumo$

$C = Con\ autoconsumo$

Podemos ver que recuperaríamos a inversión en el año 16.

Esto mismo se hará para todos los supuestos, el resultado se verá en las siguientes tablas.

5.2.1 Años de recuperación para la Potencia de 3 kW.

	FORMA DE AUTOCONSUMO (41,7% 38% 20,3%)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE		
SUBIDA TARIFAS	**20%**	**50%**	**80%**
2,5	41,11	43,27	45,54
5,5	23,28	24,20	25,18
10	15,52	16,03	16,53

Tabla 24. Años de recuperación para potencia de 3 kWy autoconsumo de (41,7, 38, 20,3).

	FORMA DE AUTOCONSUMO (20% 50% 30%)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE		
SUBIDA TARIFAS	**20%**	**50%**	**80%**
2,5	46,01	49,24	52,71
5,5	25,35	26,73	28,20
10	16,63	17,36	18,16

Tabla 25 Años de recuperación para potencia de 3 kWy autoconsumo de (20, 50,30).

	FORMA DE AUTOCONSUMO (100% 0% 0%)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE		
SUBIDA TARIFAS	**20%**	**50%**	**80%**
2,5	32,31	32,31	32,31
5,5	19,50	19,50	19,50
10	13,49	13,49	13,49

Tabla 26 .Años de recuperación para potencia de 3 kWy autoconsumo de (100,0,0).

5.2.2 Años de recuperación para la Potencia de 20 kW.

	FORMA DE AUTOCONSUMO (41,7% 38% 20,3%)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE		
SUBIDA TARIFAS	**20%**	**50%**	**80%**
2,5	22,72	23,46	24,24
5,5	16,99	17,40	17,84
10	13,08	13,33	13,60

Tabla 27. Años de recuperación para potencia de 20 kW y autoconsumo de (41,7, 38, 20,3).

	FORMA DE AUTOCONSUMO (20% 50% 30%)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE		
SUBIDA TARIFAS	**20%**	**50%**	**80%**
2,5	25,44	26,64	27,95
5,5	18,50	19,15	19,85
10	14,03	14,40	14,82

Tabla 28. Años de recuperación para potencia de 20 kW y autoconsumo de (20,50,30).

	FORMA DE AUTOCONSUMO (100% 0% 0%)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE		
SUBIDA TARIFAS	**20%**	**50%**	**80%**
2,5	18,37	18,37	18,37
5,5	14,40	14,40	14,40
10	11,44	11,44	11,44

Tabla 29. Años de recuperación para potencia de 20 kW y autoconsumo de (100,0,0).

Para las Potencias de 3 kW y de 20 kW solo se aportan los años de recuperación para una de las zonas, esto es debido a que para las 5 zonas, el resultado es el mismo indiferentemente de la zona en la que se encuentre la instalación.

Esto es así porque la energía generada en los 5 casos es superior a la energía consumida y dado que se utiliza siempre el mínimo valor entre ambos datos (generada y consumida) para realizar los cálculos no va a influir en el resultado final.

Para la potencia de 100 kW no va a ser así la energía generada en cada una de las cinco zonas es diferente a las demás y encima inferior al consumo por ello este valor si va a afectar en el cálculo final, se mostrará entonces los resultados para cada una de las zonas.

5.2.3 Años de recuperación para la Potencia de 100 kW.

	ZONA I								
	AUTOCONSUMO (41,7 38 20,3)			AUTOCONSUMO (20 50 30)			AUTOCONSUMO (100 0 0)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE								
SUBIDA TARIFA	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%
2,5	11,84	12,19	12,56	12,97	13,53	14,14	9,96	9,96	9,96
5,5	10,21	10,47	10,74	11,05	11,45	11,88	8,78	8,78	8,78
10	8,68	8,88	9,07	9,029	9,58	9,90	7,62	7,62	7,62

Tabla 30. Años de recuperación para potencias de 100 kW en la zona 1.

	ZONA II								
	AUTOCONSUMO (41,7 38 20,3)			AUTOCONSUMO (20 50 30)			AUTOCONSUMO (100 0 0)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE								
SUBIDA TARIFA	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%
2,5	11,53	11,88	12,24	12,65	13,20	13,81	9,67	9,67	9,67
5,5	9,98	10,24	10,50	10,81	11,21	11,64	8,56	8,56	8,56
10	8,51	8,70	8,90	9,12	9,40	9,71	7,45	7,45	7,45

Tabla 31.Años de recuperación para potencias de 100 kW en la zona 2.

	ZONA III								
	AUTOCONSUMO (41,7 38 20,3)			AUTOCONSUMO (20 50 30)			AUTOCONSUMO (100 0 0)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE								
SUBIDA TARIFA	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%
2,5	10,99	11,33	11,69	12,09	12,63	13,23	9,19	9,19	9,19
5,5	9,57	9,83	10,10	10,39	10,80	11,23	8,19	8,19	8,19
10	8,22	8,40	8,60	8,82	9,11	9,41	7,16	7,16	7,16

Tabla 32. Años de recuperación para potencias de 100 kW en la zona 3.

	ZONA VI								
	AUTOCONSUMO (41,7 38 20,3)			AUTOCONSUMO (20 50 30)			AUTOCONSUMO (100 0 0)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE								
SUBIDA TARIFA	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%
2,5	10,55	10,88	11,24	11,62	12,16	12,75	8,80	8,80	8,80
5,5	9,24	9,49	9,76	10,05	10,45	10,88	7,87	7,87	7,87
10	7,97	8,15	8,35	8,56	8,86	9,17	6,93	6,93	6,93

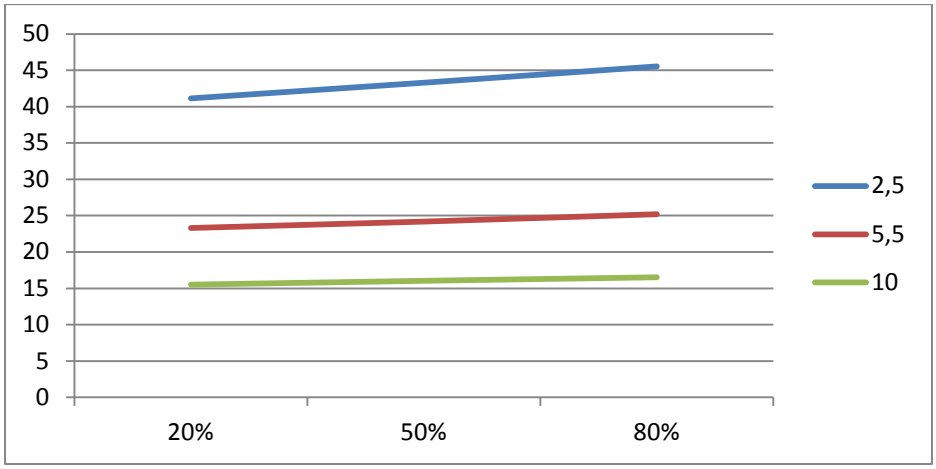
Tabla 33. *Años de recuperación para potencias de 100 kW en la zona 4.*

	ZONA V								
	AUTOCONSUMO (41,7 38 20,3)			AUTOCONSUMO (20 50 30)			AUTOCONSUMO (100 0 0)		
	PARTE QUE ASUME EL CLIENTE								
SUBIDA TARIFA	20%	50%	80%	20%	50%	80%	20%	50%	80%
2,5	10,39	10,72	11,07	11,44	11,98	12,56	8,64	8,64	8,64
5,5	9,11	9,36	9,63	9,92	10,31	10,74	7,75	7,75	7,75
10	7,87	8,06	8,25	8,46	8,75	9,07	6,83	6,83	6,83

Tabla 34. *Años de recuperación para potencias de 100 kW en la zona 5.*

5.3 ANALISIS DE LOS DATOS OBTENIDOS

En primer lugar se va a analizar como varían los años de recuperación en función de cómo aumenta la subida de la tarifas y la parte de la tarifa de acceso que asume el cliente. Para este análisis se han usado los datos obtenidos del estudio de la Potencia de 2 kW y una forma de autoconsumo de 41,7% de forma instantánea un 38% de forma diferida y un 20,3% compra a la red.



Gráfica 49. Parte de la tarifa de acceso que asume el cliente vs subida de las tarifas

Se puede apreciar que para una misma subida de las tarifas, a medida que el cliente asume mayor cantidad de la tarifa de acceso, los años de recuperación aumentan.

Por otro lado también se aprecia que si el cliente asume una misma cantidad de la tarifa de acceso, a medida que la subida de las tarifas aumenta disminuyen los años de recuperación.

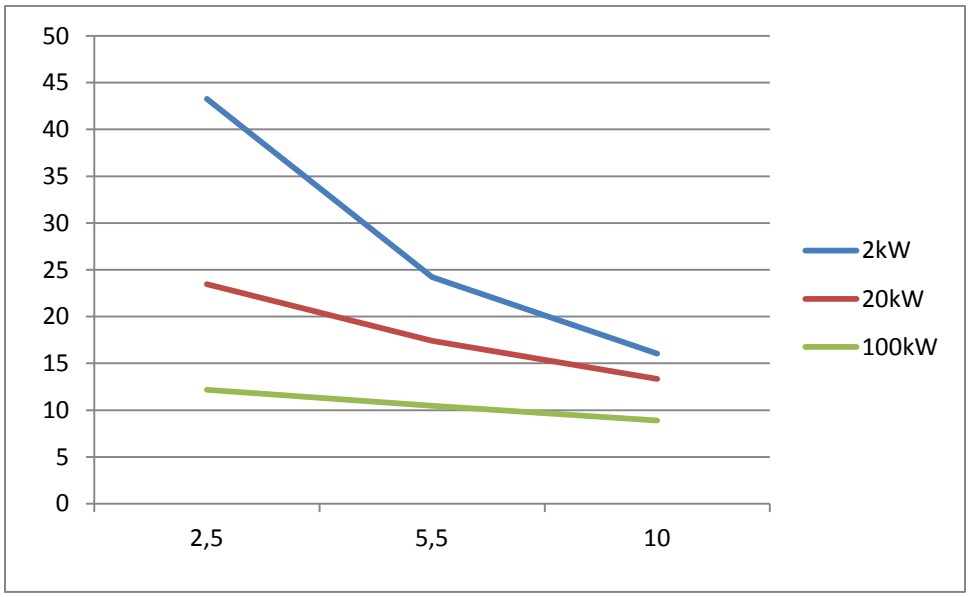
Mientras que en la primera apreciación la relación es directa, en el segunda caso tenemos una relación inversa.

Esta apreciación es así independientemente de la potencia y de la forma de autoconsumo.

El siguiente análisis interesante que se debe tener en cuenta es la influencia de la potencia.

Se va a considerar una misma forma de autoconsumo, en este caso considérese la misma que en el análisis anterior. Se debe suponer también la misma zona climática, considérese la Zona 1 y vamos a suponer que el cliente asume un 50% de la tarifa de acceso.

La relación que se va analizar es la de la potencia y la subida de las tarifas.



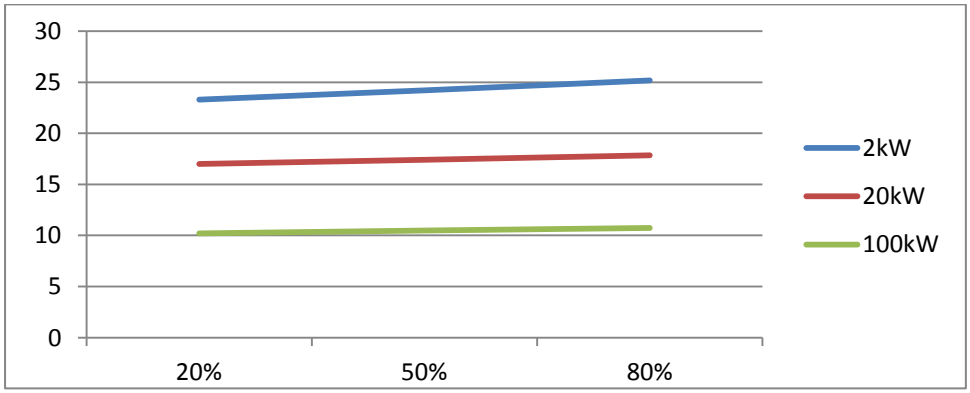
Gráfica 50. Potencia vs subida de las tarifas

En este gráfico la nueva apreciación que se puede sacar es, que a igualdad de condiciones, misma forma de autoconsumo, misma subidas de precios, misma cantidad que asume el cliente de la tarifa de acceso, a mayor potencia menos son los años de recuperación de la inversión. Esta es otra relación inversa.

Otra cosa importante que se debe puntualizar, es que a menores potencias mayor es la pendiente de la recta, esto lo que quiere decir es, que cuando la potencia es más pequeña, un mínimo cambio afecta de una manera mayor.

El siguiente análisis va a ser igual que el anterior pero ahora lo que va a ser constante va a ser la subida de las tarifas y vamos a ver cómo afectaría la parte que asume l cliente.

Se va a fijar la subida en 5,5.



Gráfica 51. Potencia vs parte que asume el cliente de la tarifa de acceso.

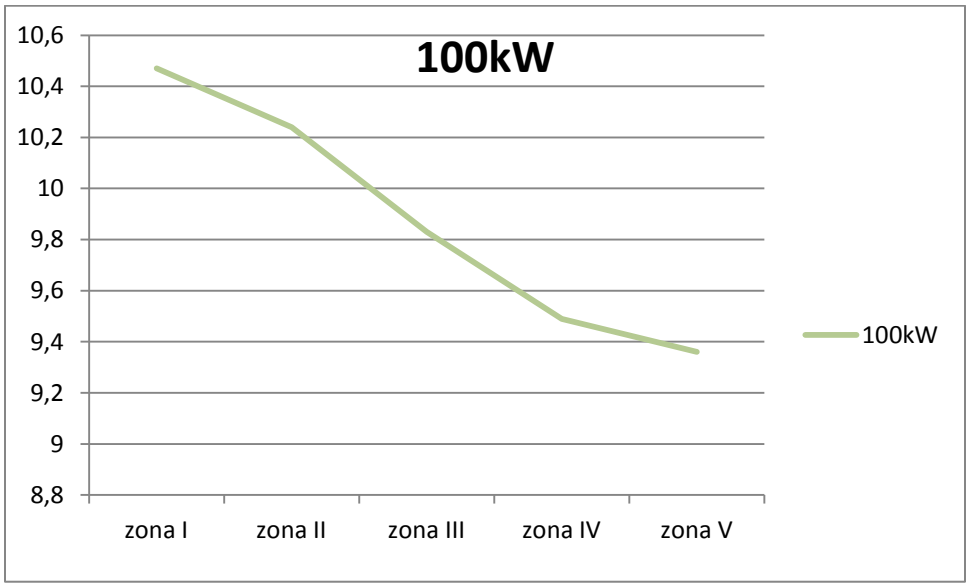
En esta gráfica al igual que la anterior se aprecia que a medida que la potencia aumenta para un mismo valor de la parte que asume el cliente, los años de recuperación disminuyen.

Sin embargo se puede ver que ante esta variable a diferencia de la subida de las taifas la pendiente es muy pequeña para las tres potencias.

El último análisis que se va a llevar a cabo es en función de la zona climática para una misma potencia.

Para ello se va a elegir los resultados de la potencia de 100 kW, ya que como se comento en apartados anteriores para las otras dos potencias la zona no afecta en el resultado final.

Vamos a fijar la forma de autoconsumo la misma que en los tres casos anteriores, la de 41,7% 38% y 20,3%. Se va a considerar una subida de precios de 5,5% y que el cliente asume un 50%.



Gráfica 52. Potencia vs zona climática.

De esta gráfica la conclusión que se saca es que a medida que se cambia a mayor zona climática, los años de recuperación disminuyen, es decir, que a mayor energía generada menor son los años de recuperación.

REFERENCIAS

[1] La energía como elemento esencial de desarrollo, Agustín Alonso Garrido.

[2] IDAE. Instituto para la diversificación y el ahorro de energía.

[3] EPIA. European Photovoltaic Industry Association.

[4] http://www.cambio-climatico.com/protocolo-de-kyoto/reduccion-de-las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero.

[5] Guía para el ahorro energético en el hogar. Caja Madrid obra social.WWF/Adena

[6] http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=7092.

[7] Propuesta de RD sobre suministro de energía eléctrica por balance neto, en tramitación., Ministerio de industria, energía y turismo, Santiago Caravantes Moreno.

[8] Régimen especial de energía Wikipedia.

[9] Real Decreto 1565/2010.

[10]Real Decreto 1614/2010.

[11] Real Decreto Ley 14/2010

[12] Real Decreto 1699/2011

[13] Real Decreto 1/2012

[14] Real Decreto 2/2013

[15] Real Decreto 661/2007 por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.

[16] Referencias sobre autoconsumo de energía eléctrica en la normativa vigente, IDEA.

[17] Real Decreto 1699/2011

[18] PV Grid Parity Monitor Eclareon.

[19] Sistemas fotovoltaicos conectados a red Autoconsumo con Balance Neto Eduardo Collado.

[20] Borrador del Real Decreto que regulará el autoconsumo mediante Balance Neto.

[21] Estudio de viabilidad y diseño de una planta de cogeneración para una industria cárnica. Fernando Ramiro Velasco.

[22] Directiva Europea 2004/8/CE del parlamento europeo y del consejo de 11 de febrero del 2004.

[23] Directiva Europea 2009/28/CE del parlamento europeo y del consejo de 23 de abril del 2009.

[24] Directiva Europea 2010/31 UE del parlamento europeo y del consejo de 19 de Mayo del 2010.

[25] Directiva Europea 2012/27/UE del parlamento europeo y del consejo de 25 de Octubre del 2012.

[26] Informe estratégico para el sector fotovoltaico en España acercándonos a la paridad de red. Resumen del informe realizado por KPMG para la asociación de la industria fotovoltaica (ASIF).

[27] http://www.suelosolar.es/newsolares/newsol.asp?id=7243

[28] EPIA. European Photovoltaic Industry Association. Market and Competitiviness. On the road to competitiviness.

[29] http://solucionessolares.blogspot.com.es/2012/06/panorama-de-las-energias-renovables-en.html .

[30] http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica#Alemania

[31] http://www.energias-renovables.com/articulo/autoconsumo-balance-neto-alemania-california

[32] http://es.wikipedia.org/wiki/Balance_neto

[33] Leyes del feed in tariff en el mundo. Miguel Vergara.

[34] http://www.al-invest4.eu/minisite/renovables/italia/italia1.html

[35] http://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica#Italia

[36] Suelo solar. David Armanini director de Prothea.

[37] http://quenergia.com/energias-renovables/la-energia-solar-en-belgica-crece-en-contra-de-la-corriente/

[38] http://www.muyinteresante.com.mx/tecnologia/297498/tren-solar-belgica/

[39] http://es.wikipedia.org/wiki/Balance_neto#B.C3.A9lgica

[40] http://www.energias-renovables.com/articulo/dinamarca-a-por-todas-en-renovables

[41] blog de ingeniería y sostenibilidad para el s. 21 ISon21.

[42] Autoconsumo y balance neto. Jornada Passivhaus: Instalaciones en las casas pasivas. Aitor Urresti.

[43] Sistema de primas fotovoltaicas en Reino Unido 2012 ICEX (instituto español de comercio exterior).

[44] El mercado de la energía solar en Francia ICEX (instituto español de comercio exterior)

[45] Blog la información.com. Autor Daniel Civantos 14/02/2011.

[46] ecoticias.com/RED/AGENCIAS/26/10/2010

[47] The Statewide Benefits of Net- Metering in California, by Steven Weissmnan and Nathaniel Johnson.

[48] http://www.cpuc.ca.gov/PUC/energy/DistGen/netmetering.htm California publics utilities Comission.

[49] http://www.dsireusa.org/incentives/incentive.cfm?Incentive_Code=CA02R

[50] eleconomista.com 8 de enero del 2013 22:39 Karol García

[51] http://www.sitiosolar.com/net%20metering%20en%20Mexico.htm

[52] http://www.tendencias21.net/Una-pequena-ciudad-canadiense-acoge-la-mayor-instalacion-fotovoltaica-del-mundo_a6001.html

[53] http://centrodeartigos.com/articulos-noticias-consejos/article_144065.html

[54] energías renovables Jose .A Alfonso Miércoles 20 de Junio del 2012.

[55] ANEEL (Agencia Nacional de Energía Eléctrica) Resolución normativa nº 482 del 17 de abril 2012.

[56] El balance neto ya es una realidad en República Dominicana por Enrique Ramírez Presidente de la comisión Nacional de energía de la República Dominicana.

[57] Reglamento Medición Neta. Reglamento para establecer las condiciones para acceder al programa de medición neta en la República Dominicana. Comisión nacional de energía.

[58] Sunetric blog: Hawaii Solar news & updates. Net metering in Hawaii. Tuesday, April 27 2010.

[59] Ley 20571 Regula el pago de las tarifas eléctricas de las generadoras residenciales.

[60] PVGIS Photovoltaic Geographical Information System

[61] Gráfica 20.

[62] photon.com.es/news_archiv/details.aspx?cat=News_PE&sub=PRACTICA&pub=11&parent=2902

[63] http://www.photon.info/photon_news_detail_es.photon?id=69277

[64] http://dfc-economiahistoria.blogspot.com 3 de enero del 2013

[65] ley sobre liquidación neta de autoproductores de electricidad ley número 279 del 21 de marzo del 2012

[66] Real Decreto 1578/2008

[67] Comisión Nacional de Energía informe de la Comisión Nacional de la Energía (CNE) sobre las medidas de ajuste regulatorio para resolver el déficit de la tarifa eléctrica.

[68] El autoconsumo instantáneo fotovoltaico es ya una realidad en España (Suelosolar).

[69] http://recuerdosdepandora.com/historia/inventos/historia-de-la-energia-solar/

[70] http://www.energia-solar-fotovoltaica.info/2_Breve_Historia/2_Antecedentes_de_la_energia_solar_Fotovoltaica.html

[71] Opex energy fotovoltaica

[72] http://ocw.unia.es/ciencias-tecnologicas/tecnologia-de-celulas-y-modulos-fotovoltaicos/Materiales/ud2/unidad-2.-tecnologias-fotovoltaicas/skinless_view

[73] SolarWorld. http://www.solarworld.es/productos/productos/suntrol/autoconsumo/

[74] Fichas técnicas Solarworld. Sunmodule SW230/235/240/245/250 poly.

[75] http://www.sma.de/en/products/solar-inverter-without-transformer/sunny-boy-1300tl-1600tl-2100tl.html

[76] http://www.sfe-solar.com/

[77] Fichas técnicas Sharp Serie ND A5 60 células 250/245/240/235/230/225/220 W

[78] Nedap PowerRouter Solar Battery.

[79] http://www.pulsolar.com/214-inversor-baterias-autoconsumo-powerrouter-pr50sb-pr-5kw-200a-24v.html

[80] Tu tienda solar.

[81] http://www.sma.de/en/products/solar-inverter-without-transformer/sunny-boy-1300tl-1600tl-2100tl.html

[82] Antonio Barredo F. Jueves 7 de Marzo del 2007 Energías renovables.

[83] Elperiodico.com, Agustí Salas jueves 8 de noviembre de 2012.

[84] http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/cuanta-energia-consume-una-casa-571584

[85] Proyecto fin de grado Cesar Arribas González.