

05-005

APPLICATION OF RENEWABLE ENERGY SOURCE INTEGRATION INTO INDUSTRIAL PLANTS OF STEEL SECTOR: COMPARISON; ANALYSIS AND COMPETITIVENESS IMPROVEMENT

Bautista Blasco, Jose Antonio⁽¹⁾; García Cascales, María Socorro⁽²⁾; Molina García, Ángel⁽²⁾

⁽¹⁾ArcelorMittal, ⁽²⁾UPCT

One of the main costs of the current steel industry is due to its high energy needs, and above all its high electricity demand. Under these premises, the integration of renewable energies offers an opportunity for the reduction of energy dependence, emissions and costs. In this scenario, the present work analyzes the technical-economic viability of the integration of renewable resources in a real environment of the steel sector.

In the case of the study, the objective is to achieve in this way a contribution midst 15 and 25% of the real energy consumed in a plant of the Spanish business fabric within the steel sector. Thus, based on certain investment assumptions, the application of the two most mature generation technologies in the electrical field will be analyzed: wind and photovoltaic. Specifically, the implementation of a wind farm in combination with a photovoltaic solar installation will be studied, analyzing advantages and disadvantages of each resource, its contribution for electricity generation and the resulting return period for investment based on current electricity costs. The results also include the adaptation of renewable facilities to the specific industrial process they feed.

Keywords: *Steel industry; Integration of Renewable Resources; Energy efficiency.*

INTEGRACIÓN DE RECURSOS RENOVABLES EN PLANTAS INDUSTRIALES SIDERÚRGICAS: ANÁLISIS COMPARATIVO Y VIABILIDAD ECONÓMICA DE SOLUCIONES.

Uno de los principales costes que presenta la industria siderúrgica actual se debe a sus elevadas necesidades energéticas, y sobre todo a su alta demanda eléctrica. Bajo estas premisas, la integración de energías renovables ofrece una oportunidad para la disminución de dependencia energética, emisiones y costes. En este escenario, el presente trabajo analiza la viabilidad técnico-económica de integración de recursos renovables en un entorno real del sector siderúrgico.

En el caso de estudio se plantea como objetivo alcanzar la aportación de entre un 15 y un 25% de la energía real consumida en una planta del tejido empresarial español dentro del sector siderúrgico. Así, a partir de unos supuestos de inversión determinados, se analizará la aplicación de las dos tecnologías de generación más maduras dentro del ámbito eléctrico: la eólica y la fotovoltaica. En concreto, se estudiará la implementación de un parque eólico en combinación con una instalación solar fotovoltaica, analizándose ventajas e inconvenientes de cada recurso, su aportación por generación eléctrica y el periodo de retorno resultante para la inversión en base a los costes actuales de electricidad. Los resultados incluyen también la adaptación de las instalaciones renovables al proceso industrial específico al que alimentan.

Palabras clave: *Industria Siderúrgica; Integración de Recursos Renovables; Eficiencia Energética.*

Correspondencia: Jose A. Bautista; jobaubla2011@gmail.com



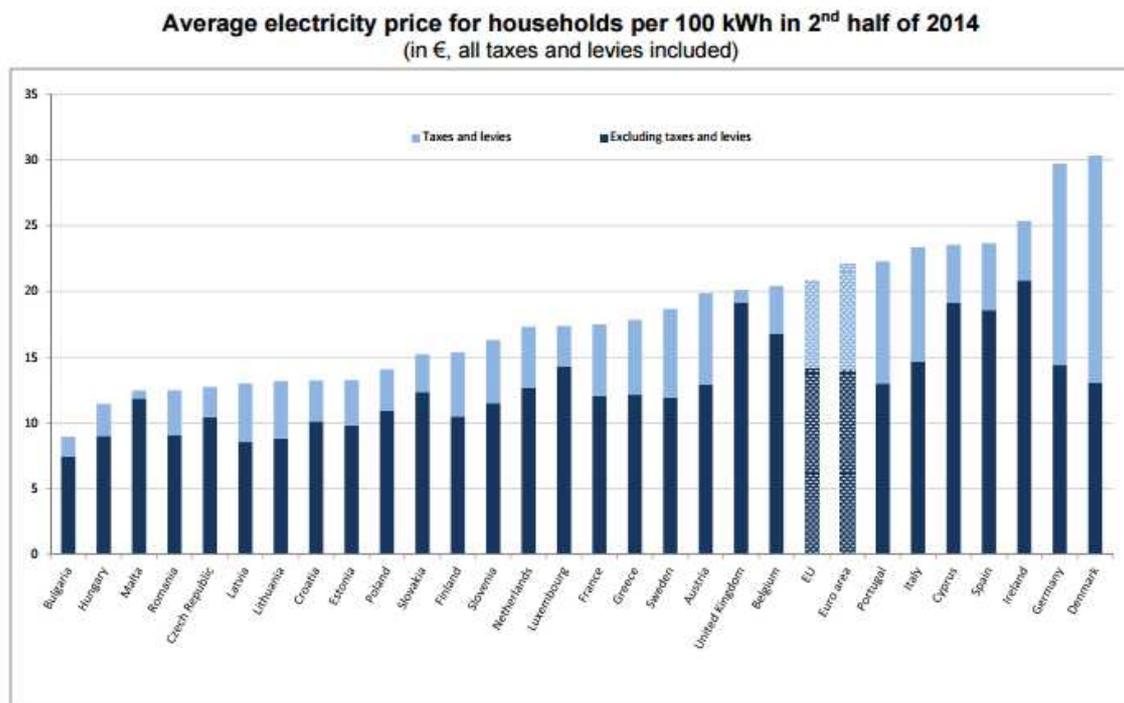
©2018 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

El presente trabajo tiene por objeto analizar la viabilidad de implantación de soluciones de aportación de energía eléctrica para grandes consumidores industriales como opción de mejora en competitividad por abaratamiento de los costes energéticos en los procesos productivos que se dan en la industria, tomado como caso de estudio una planta de tamaño medio-grande del sector siderúrgico español.

El planteamiento de instalaciones de generación de electricidad de grandes dimensiones junto a los centros de producción industrial podría representar un importante avance de cara a la consecución de los objetivos ambientales, cada vez más restrictivos, impuestos por los organismos internacionales en cuanto a emisiones de CO₂ asociadas a los productos manufacturados a través de procesos industriales que requieren de aportación de grandes cantidades de energía y en particular, de energía eléctrica, cuyo coste aumenta progresivamente a un ritmo muy alto en todos los países europeos como se puede apreciar en la gráfica mostrada a continuación (Eurostat, 2015).

Figura 1: Aumento del precio de la electricidad en Europa para consumidores domésticos



Por otra parte, y según se viene observando los últimos años, tenemos la situación de que, del coste total de producción de algunos productos siderúrgicos, la parte imputable a consumo de electricidad necesaria para su fabricación está aumentando progresivamente debido al alto importe de la factura eléctrica asociada. Según datos recientes expuestos en la figura 2 siguiente (REE, 2018), es la industria siderúrgica la que con diferencia emplea un mayor consumo de electricidad con un 22,0% del total siendo la siguiente en la lista la industria química con un 8,3%, y además, el gasto por consumo eléctrico de estas industrias aumenta debido al importante aumento del precio de este recurso en las últimas décadas, lo que conlleva este “sobrecoste” creciente de los productos siderúrgicos por la carga en la factura para energía eléctrica que implica su fabricación.

Figura 2: Lista de mayores consumidores en el mercado eléctrico industrial español

Los mayores consumidores					Los mayores consumidores				
orden	Actividad	Peso	%Δ Mes	%Δ 12 m.	orden	Actividad	Peso	%Δ Mes	%Δ 12 m.
1º	Metalurgia; fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	22,0%	-0,7	1,9	11º	Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas	2,4%	0,4	2,6
2º	Industria química	8,3%	-14,2	-0,5	12º	Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	1,8%	-12,2	-3,8
3º	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	6,1%	-0,5	4,2	13º	Actividades sanitarias	2,1%	-1,3	-1,6
4º	Industria de la alimentación	5,7%	0,9	2,3	14º	Administración Pública y defensa; Seguridad Social obligatoria	2,4%	0,6	-0,5
5º	Industria del papel	5,4%	-7,6	-1,2	15º	Coquerías y refino de petróleo	2,1%	2,0	-2,4
6º	Fabricación de productos de caucho y plásticos	4,0%	-0,6	2,3	16º	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	1,9%	-1,7	2,7
7º	Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	4,5%	-5,1	-4,7	17º	Transporte terrestre y por tubería	3,5%	3,4	2,1
8º	Almacenamiento y actividades anexas al transporte	2,9%	4,9	2,6	18º	Fabricación de material y equipo eléctrico	1,4%	2,4	7,5
9º	Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	2,8%	1,8	-1,9	19º	Industria de la madera y del corcho, excepto muebles; cestería y espartería	1,2%	5,1	5,5
10º	Captación, depuración y distribución de agua	2,5%	7,9	13,1	20º	Otras industrias extractivas	0,9%	6,6	5,8

Por todo lo anterior, cualquier inversión implementada para disminuir dicho coste con el paso de los años, supondría una mejora desde el punto de vista competitivo en cualquier país y en particular en España, donde los costes de la electricidad son especialmente elevados respecto a los de otros países de su entorno, tal y como se indica en la figura 3 GME (2016) que se ocupa de la divulgación en materia energética italiana, donde se muestran los precios de electricidad en distintos países de la UE, siendo el caso español uno de los más penalizados por el consumo de este recurso en comparación con otros como Francia, Portugal, Italia u Holanda, tan sólo siendo superada en este aspecto por Irlanda, Alemania y Dinamarca debido a la carga impositiva aplicada en estos tres últimos casos.

Figura 3: Comparativa de precios de electricidad en 2016 en Italia, Alemania, Francia y España



Este escenario de creciente necesidad de aumento de eficiencia energética en los procesos industriales que se da en grandes centros de la industria pesada española y por tanto, grandes consumidores de electricidad, hace que resulte de interés el planteamiento de la integración de importantes instalaciones de generación de electricidad a partir de energías renovables (EERR) para reducir la factura eléctrica y en consecuencia conseguir un aumento de competitividad a largo plazo una vez se hayan rentabilizado las inversiones implementadas, al tiempo que se colabora por esta vía a conseguir un acercamiento a los mencionados compromisos ambientales globales internacionales de disminución del riesgo de calentamiento global debidas a las emisiones de gases de efecto invernadero.

2. Objetivos

Así pues, se trata de plantear una situación en cierto modo inversa a la tradicional, en la que se han estado diseñando instalaciones de gran tamaño de generación renovable de energía eléctrica como el clásico parque eólico o fotovoltaico, escogiendo un emplazamiento específico por sus condiciones consideradas como favorables tras haber estudiado otras posibles alternativas determinándose uno concreto elegido como el más adecuado, para a continuación proyectar una instalación de producción de electricidad a partir del recurso renovable que se presupone debe ser abundante al tratarse de una ubicación debidamente escogida, según metodologías de trabajo ya asentadas como la expuesta por Mur (2009) o Peña (2011). Esta forma de proceder habitual es lógica desde el punto de vista de diseño de una instalación de generación con las máximas prestaciones posibles, pero también tiene algunos inconvenientes. Las ubicaciones seleccionadas suelen estar lejos de los centros de consumo por lo que debe añadirse una importante instalación de transporte de corriente y transformación de tensiones. Además, se requiere para su implementación de una adquisición previa o alquiler de los terrenos necesarios, pueden causar impacto ambiental significativamente negativo si el entorno de la instalación es de alto valor ecológico y por último, se limita en la práctica la consideración de ejecución de proyectos importantes de aportación de energía al sistema eléctrico procedente de EERR a unos escenarios de instalaciones de implantación excesivamente ligados a la obtención de subvenciones u otras ayudas similares para hacerlas competitivas respecto a otras formas de generación eléctrica debido a la escasez de los emplazamientos de potente recurso renovable aprovechable, siendo pese a todo ello muy notable de todos modos, la progresión en los últimos años de la cuota de aportación de energía eléctrica limpia al sistema eléctrico español respecto a la obtenida de centrales nucleares, térmicas o de ciclo combinado.

Como alternativa a este modelo clásico de proyectos de instalaciones renovables, se plantea un modelo que consistiría en el empleo de las características favorables que puede ofrecer un entorno industrial como una gran planta siderúrgica de acabados, para ponerlas en valor en contraposición a las negativas al tratarse de un emplazamiento no especialmente seleccionado por su elevado recurso renovable, pero que, una vez evaluado, podría determinarse que sí pueda darnos las condiciones adecuadas para rentabilizar un proyecto de gran envergadura de aportación de energía eléctrica, fundamentándose entre otras, en las ventajas siguientes:

- Proximidad de la instalación generadora a un punto gran consumidor industrial, eliminando o minimizando costes de transporte y transformación comentados.
- Posible aprovechamiento de instalaciones eléctricas existentes en entorno industrial.
- Eliminación de costes y trabas administrativas por ocupación de terrenos. Grandes plantas industriales con abundante espacio aprovechable.
- Aprovechamiento de personal de plantilla para mantenimiento de instalación implementada de generación, para disminución de gastos de explotación posteriores.

- Aprovechamiento de ventajas propias de grandes multinacionales como pueden ser:
 - ✓ Elevados recursos financieros para acometer inversiones interesantes en caso de multinacionales como la de la planta objeto de estudio.
 - ✓ Posibilidad de planteamiento en múltiples sedes o plantas de diferentes áreas geográficas, evaluando las más favorables.
 - ✓ Posibilidad de reducción de costes de estudio previo y de inversión por efecto de escala si se aplican inversiones en varias ubicaciones simultáneamente.

Siguiendo el razonamiento expuesto y que motiva la realización de este trabajo, se plantean los siguientes objetivos a alcanzar mediante el desarrollo del mismo con la finalidad última de obtener un análisis útil y exposición de la viabilidad de este tipo de instalaciones en el entorno mencionado:

- Descripción resumida del estado del arte, considerando casos similares al propuesto y las tecnologías aplicables, así como los últimos avances a considerar en estas.
- Descripción de las características principales de la factoría objeto de estudio, determinando las particularidades a nivel energético de las principales instalaciones a las que se podría satisfacer y del objetivo a alcanzar que se fijará entre el 15 y el 25% de la energía eléctrica consumida en el conjunto de toda la fábrica.
- Definición de hipótesis de trabajo mediante la propuesta de soluciones concretas de aportación de energía al sistema mediante la integración de 3 posibles alternativas de generación: un parque eólico con aerogeneradores de 3,3 MW, un parque fotovoltaico de 6 a 8 Mwp instalando placas sobre la cubierta de las naves o una combinación de ambos sistemas.

3. Caso de estudio

El caso objeto de estudio es una planta siderúrgica de acabados de la costa este española ubicada en Sagunto (Valencia) propiedad de la compañía multinacional ArcelorMittal cuya vista aérea (web ArcelorMittal, 2015) se muestra a continuación.

Figura 4: Imagen de la planta siderúrgica de acabados ArcelorMittal Sagunto



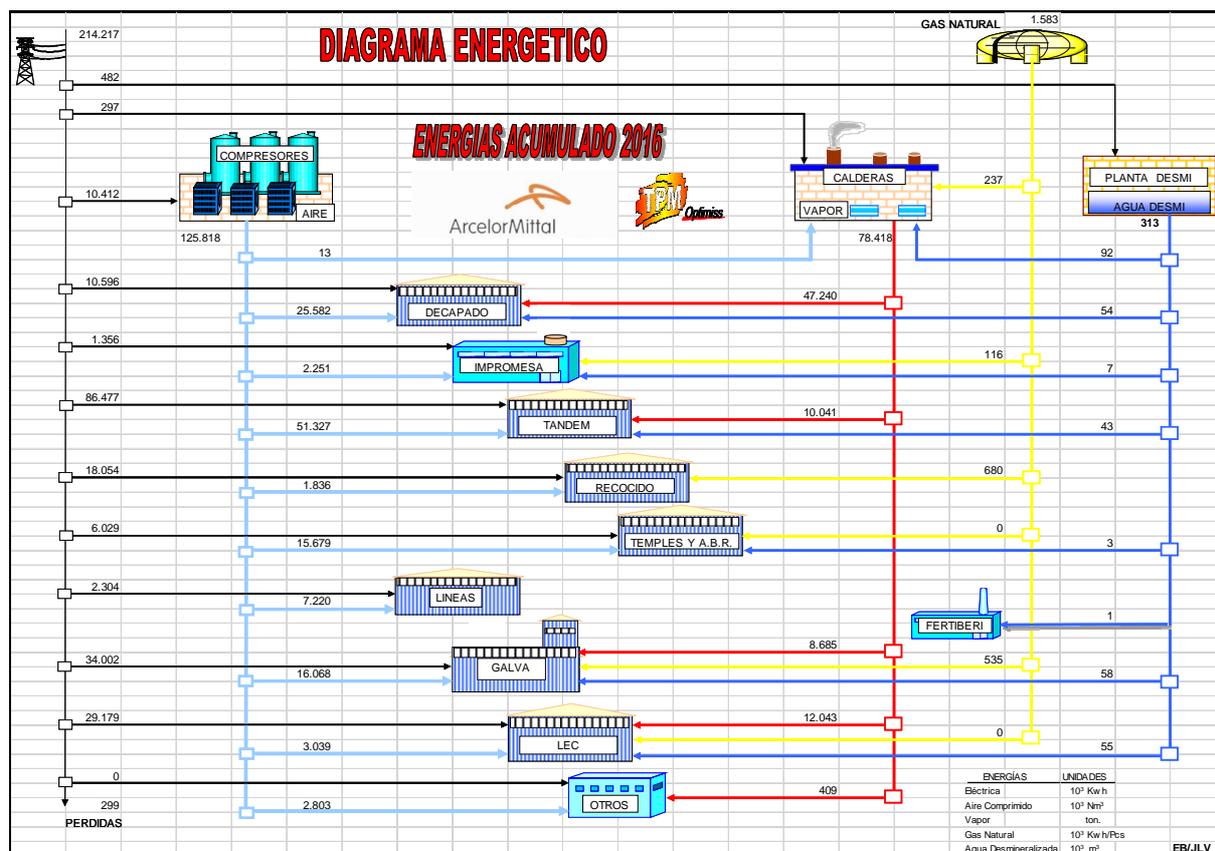
ArcelorMittal es una de las grandes empresas del planeta, un gigante multinacional que controla aproximadamente el 10% del comercio del acero mundial, una cifra muy importante tratándose de un producto tan común como es el acero. Tiene más de 200.000 trabajadores, plantas industriales por todo el mundo estando presente en más de 60 países (web ArcelorMittal, 2018) y por el sector en el que opera, constituye un gran consumidor de energía. La principal actividad de la empresa es la producción de acero en distintas formas: laminado en bobinas de espesor grueso o fino para chapa de taller, automóvil, barcos, tubos, perfil laminado, paneles para construcción, acero corrugado, perfil laminado, alambre, carril de líneas férreas, etc. Los últimos 10 años la empresa se ha ido introduciendo de forma progresiva en la adquisición y explotación de minas de hierro, con el objetivo de tener mayor control sobre la materia prima empleada.

Para todos los procesos industriales que se dan en sus fábricas es necesaria una gran cantidad de energía pudiéndose diferenciar dos grandes bloques en lo que respecta al proceso productivo del acero: las llamadas industrias de cabecera (primary) e industrias acabadoras (finishing), existiendo algunas plantas en las que se dan todos los procesos y que suelen ser las más grandes, que se las conoce como “plantas integrales”. Así se tienen las plantas primary en las que se produce el acero fundido con instalaciones como los hornos altos, acerías y trenes de laminación en caliente y otras acabadoras como la de Sagunto, donde se recibe la bobina de chapa que ha sido laminada en caliente y tiene espesor grueso (de 3 a 6 mm), que se transforma por compresión en trenes de rodillos de laminación en frío hasta convertirla en chapa de espesor fino (0,3, a 0,6 mm) consumida así por el sector del automóvil (principal cliente) u otras industrias como las de muebles, electrodomésticos, talleres o construcción. En las instalaciones de cabecera se dan procesos de calentamiento tan elevados requeridos para fundir o reblandecer el acero, que una parte importante de la energía empleada proviene de la combustión directa de materias primas como en hornos altos y baterías de cok, pero aun así, al tratarse de fábricas de grandes dimensiones, el gasto eléctrico es también muy elevado no sólo para procesos de producción directa, sino también para instalaciones industriales auxiliares, edificios de oficinas, transportes y otros servicios.

La factoría objeto de estudio es una planta acabadora o finishing con procesos de laminación en frío complementada con dos fábricas galvanizadoras instaladas de forma contigua a esta, de las cuales una de ellas es propiedad de ArcelorMittal y la otra de otra empresa del sector, que se encuentra en este caso dentro del recinto de la factoría principal compartiendo con ella algunas de las redes de servicios generales y suministros necesarios. En las plantas de finishing como de ArcelorMittal en Sagunto, la gran mayoría de la energía consumida proviene del suministro eléctrico de la red general de distribución. La fábrica es alimentada por una línea de alta tensión a 220 KV, disponiéndose en el interior de la planta de una subestación transformadora general a cielo abierto que reduce el voltaje a media tensión y lo distribuye de este modo a líneas productivas que a su vez disponen de subestaciones dentro de sus naves, que disminuyen de nuevo la tensión a 380 V o a la tensión requerida por cada máquina o para el proceso específico en que se trabaja.

A partir de consultas realizadas a la empresa se han obtenido algunos datos que pueden considerarse representativos de los consumos energéticos a nivel general de los procesos llevados a cabo en este tipo de fábricas como la del caso concreto objeto de análisis, el de una planta siderúrgica de acabados de tamaño medio-grande con capacidad productiva del orden de 1,5 millones de toneladas anuales de chapa de acero laminado. Así, el consumo eléctrico de la planta varía cada año en función de la demanda del mercado y las situaciones productivas, siendo normal en condiciones de plena producción un consumo anual de unos 214.000 MW·h para una planta de estas características, lo que la hace un gran consumidor industrial, pudiéndose desglosar los consumos por instalaciones según el diagrama mostrado a continuación:

Figura 5: Plano de planta general de factoría ArcelorMittal Sagunto



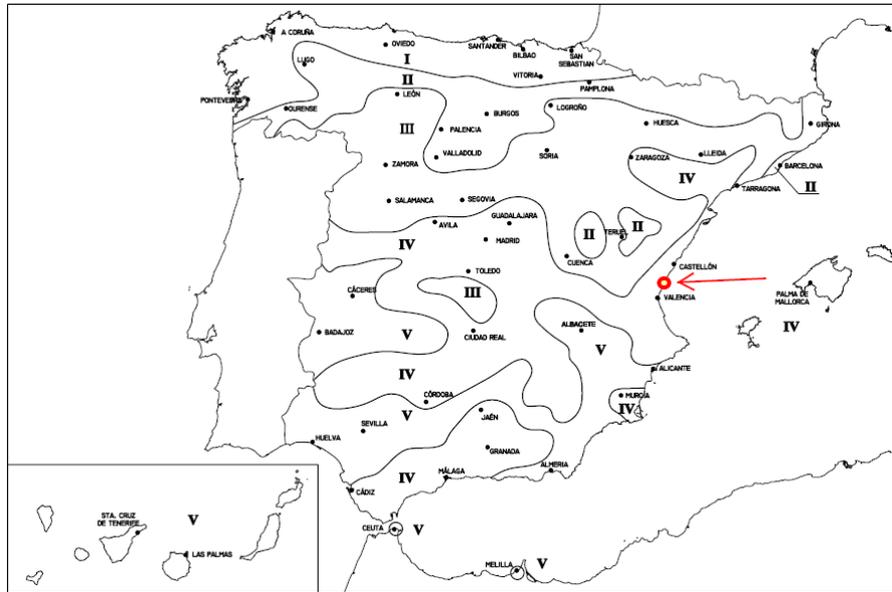
Del desglose expuesto en la figura 5, se deduce que la instalación que consume una mayor cantidad de electricidad es el *tándem*, dado que en esta sección es donde se producen los procesos de laminación en frío, aplicándose enormes presiones mediante cilindros de trabajo que comprimen la chapa en frío hasta convertirla en producto de espesor del orden de 10 veces inferior al de la chapa de entrada en el tren de laminación, con un consumo del orden de los 85.000 MW·h anuales, seguido de los procesos de recubrimientos superficiales anticorrosivos aplicados a la chapa que se dan en esta fábrica objeto de estudio de dos formas, por *galvanizado* y por *electrodeposición*, con cifras de consumo del orden de 35.000 y 30.000 MW·h respectivamente. Por tanto, en un principio sería una de estas 3 instalaciones sobre las que convendría priorizar a la hora de plantear cualquier sistema de aportación de energía eléctrica para apoyo proveniente de fuentes de energías renovables para alimentar los procesos productivos, dado que la prioridad en estos casos para economizar y rentabilizar estos sistemas es la aplicación permanente de toda la energía renovable generada a la factoría, evitando en lo posible la necesidad de sistemas de almacenamiento debido al carácter aleatorio en el tiempo propio de las energías renovables.

4. Desarrollo de alternativas

En el emplazamiento “escogido”, que se corresponde con el propio centro de consumo al ser la factoría de producción, tenemos algunas características a priori favorables pese a no haber sido seleccionado específicamente por su alto recurso renovable. En primer lugar, para el planteamiento de una instalación de aportación de electricidad a partir de un parque fotovoltaico, estaríamos dentro de la denominada zona climática IV según el Código Técnico de la Edificación (CTE) tal y como se muestra en la siguiente figura 6, documento este de referencia para valorar las posibilidades de un emplazamiento en cuanto a radiación solar se

refiere, siendo la segunda zona de valores más altos de radiación disponible en el país, por lo que en principio puede resultar interesante la instalación de placas solares dada la elevada energía aprovechable por esta vía, puesto que se cuenta con una superficie de trabajo considerable, tanto si se elige una instalación fotovoltaica sobre las cubiertas de los edificios como en las campos existentes en el exterior de estos.

Figura 6: Ubicación de la planta mostrada sobre mapa de zonas climáticas del CTE



Nota: Código Técnico de la Edificación (2015)

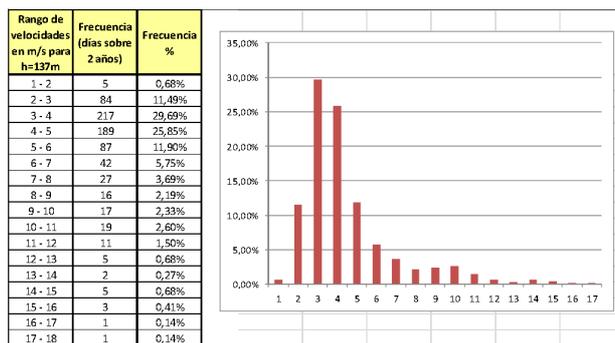
En este sentido se observa que podría ser particularmente interesante la instalación de placas fotovoltaicas sobre el grupo de naves de mayores dimensiones existente, dado que estas se encuentran junto a uno de los centros productivos mencionados anteriormente como de los de mayor consumo eléctrico: la línea de electrodeposición. Sobre esta zona tenemos una superficie de cubiertas de unos 70.000 m² aprovechables, lo que podría transformarse en una instalación aportadora de unos 7 MWp de potencia instalada.

Figura 7: Área principal aprovechable para posible instalación fotovoltaica sobre cubiertas



Nota: Elaboración propia

Figura 9: Gráfica de datos viento obtenidos de estación IVIA próxima en Sagunto



Nota: Elaboración propia

Escogiendo un aerogenerador de gran tamaño y velocidad de arranque baja (3 m/s), se podrían aprovechar los vientos existentes en alturas superiores a 100 m tal y como se muestra en gráficas expuestas a continuación, dado que estos vientos se dan con suficiente frecuencia para realizar un aporte energético interesante en el caso estudiado. Seleccionamos un aerogenerador que cumpla con los requisitos mencionados, como el modelo de la casa VESTAS de 3,3 MW de potencia nominal y 137m de altura del buje, cuyas características técnicas básicas pueden obtenerse de la página web del fabricante, como la curva de potencia del aerogenerador, con la cual podremos calcular la producción energética generada para cada una de las velocidades de viento previsible en función de los datos obtenidos debidamente ajustados. Teniendo en cuenta las dimensiones del recinto disponible y las distancias de separación necesarias para evitar interferencias en el funcionamiento de los aerogeneradores, se proponen 2 alternativas de instalación según se puede ver en la figura 10 siguiente, consistiendo una de ellas en un parque formado por 6 turbinas eólicas y otra opción instalando 8.

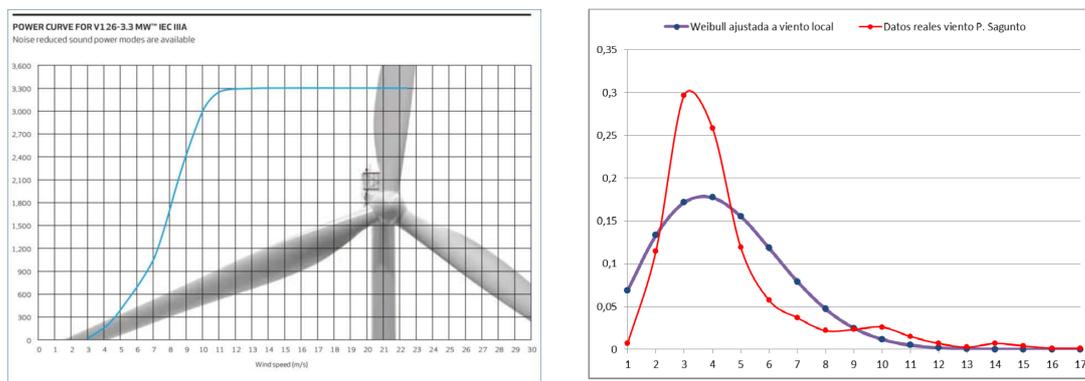
Figura 10: Propuestas de ubicación de aerogeneradores de gran altura en planta AM Sagunto



Nota: Elaboración propia a partir de datos cedidos por la planta objeto de estudio

Multiplicando el n° de horas previsto de presencia de vientos según la curva Weibull ajustada a condiciones locales por las potencias definidas en la curva aportada por el suministrador según gráficas de la figura 11, tenemos la producción energética estimada. Con los datos obtenidos y basándonos en dos alternativas de expuestas de parques eólicos, se calcula que se podría obtener una energía total anual del orden de 24.000 MW·h y 32.000 MW·h respectivamente para los parques eólicos propuestos de 6 y 8 turbinas, lo cual nos llevaría en la práctica a que resulta viable la aportación del 100% del consumo de la sección de electrodeposición de la fábrica (LEC) con 8 aerogeneradores, algo nada despreciable dado el contexto competitivo del sector industrial explicado anteriormente.

Figura 11: Curva de potencia del aerogenerador 3,3 MW y distribución Weibull ajustada



Nota: Distribución Weibull de elaboración propia. Curva de potencia VESTAS (2018)

A nivel global de la factoría, los sistemas propuestos serían capaces de aportar aproximadamente un 11% y un 15% respectivamente del total del consumo eléctrico, pudiéndose llegar probablemente hasta el 21% si se combina con una instalación fotovoltaica como la comentada, dado que, estimando un factor de carga de un 20% para la instalación solar, se tendrían unos 12.300 MW·h adicionales por año.

Si consideramos un coste de inversión estimada en 1 millón de euros por MW instalado en instalación eólica (Peña, 2011) y dado que por la situación escogida para el parque junto a un centro de consumo anexo a este, se podrían rebajar los costes de la instalación de distribución respecto a la de una situación tradicional. Así podemos considerar un coste de instalación del orden de los 18 M€ para un parque con 6 aerogeneradores y 25 M€ para la opción con 8 turbinas, mientras que para la instalación fotovoltaica tendremos la estimación anterior de coste de inversión de unos 8M€ aplicando estas sinergias.

Finalmente, se puede resumir las características técnicas básicas de las alternativas propuestas en la siguiente tabla, donde podemos comparar los resultados obtenidos:

Tabla 1: Resumen de alternativas de aportación de energía eléctrica propuestas

	Aerogeneradores 3,3 MW (Altura buje = 137m)		Instalación fotovoltaica 8 MWp (Superficie = 70.000 m2)	
	TIPO	Potencia instalada (MW)	Energía aportada/año (MW·h)	% Consumo eléctrico planta
A1	Eólica 6 turbinas	19.8	24.000	11.2
A2	Eólica 8 turbinas	26.4	32.000	14.9
A3	A2 + Fotovoltaica	33.4	44.300	20.7

Así, podemos estimar un periodo de retorno resultante de unos 12,5 años, obtenidos al dividir el importe de la inversión realizada entre los ingresos anuales previsible por la venta de electricidad producida, considerando un precio de 60 €/MW·h, precio este que puede verse aumentado con mucha probabilidad a medio plazo:

$$18.000.000 \text{ €} / [(24.000 \text{ MW}\cdot\text{h/año}) \times (60 \text{ €/ MW}\cdot\text{h})] = 12,5 \text{ años .}$$

Planteando un escenario a largo plazo con una inflación media de los precios de un 2% anual durante los próximos años, los ingresos por venta de electricidad producida aumentarían con el paso del tiempo, calculándose un retorno de inversión de 11,3 años.

La rentabilidad expuesta es alcanzable integrando los costes de mantenimiento de estas inversiones en los generales de la factoría, al contarse con más de 700 trabajadores y técnicos cualificados para la gestión y mantenimiento de instalaciones industriales existentes con las ventajas que este activo representa a la hora de cubrir este servicio. Este sería un factor diferenciador respecto a la típica planta generadora de EERR, donde se consideran aceptables costes de mantenimiento de unos 17-18 k€ /MW·h producido según datos publicados al respecto (Peña, 2011) para parques eólicos, lo que aumentaría en el caso estudiado el periodo de retorno de la inversión a valores próximos a los 14 ó 15 años.

Por último, es interesante comentar que no se tiene constancia de que el planteamiento de proyectos de este tipo pueda representar un problema en cuanto a autorizaciones necesarias por parte de la Administración. No obstante, se debería analizar la introducción del ruido producido por los aerogeneradores y su proximidad a zonas de población. Dado el elevado nivel de diseño de estas máquinas en la actualidad en el que se minimiza este aspecto y haciendo los pertinentes cálculos para no afectar a poblaciones vecinas, que se encuentran en este caso a una distancia mayor de 400 m al aerogenerador más próximo, esto no supondría en principio un obstáculo añadido. Aunque no se trate de una zona de elevado valor ecológico en sí misma dado que se actúa en el interior de un polígono industrial, un proyecto de estas características requiere de la correspondiente Evaluación de Impacto Ambiental donde se analicen estas cuestiones en detalle. En cualquier caso, el objeto principal del estudio realizado es la evaluación de la viabilidad técnico económica de soluciones de contribución a la generación eléctrica como las expuestas para la industria.

5. Conclusiones

El planteamiento de instalaciones de aportación de energía eléctrica para ahorro en los procesos industriales de grandes factorías puede resultar viable, requiriéndose de estudios de detalle de cada situación que sean capaces de determinar e informar al cliente, del porcentaje de energía media anual que es capaz de aportar el recurso renovable existente y que, dependiendo de la ubicación de la industria, será más favorable para una u otra tecnología de aplicación (fotovoltaica o eólica), pero en todo caso queda patente que si se puede cubrir una cifra cercana al 20% de la electricidad consumida por una gran industria mediante EERR mediante instalaciones de captación in situ, cifras similares o mejores pueden ser alcanzadas para otras fábricas más pequeñas, por lo que sería muy beneficioso para las propias industrias considerar seriamente la inversión en aportación de electricidad por esta vía como estrategia a largo plazo para mejora de su competitividad. Debido a los altos costes de los estudios previos que frenan el lanzamiento de estas inversiones, es de especial interés la colaboración de organismos públicos en la materia, en particular impulsando trabajos de caracterización del recurso eólico y colaboraciones con ingenierías capaces de aportar a precios asequibles, cifras concretas sobre las posibilidades de auto generación eléctrica renovable, recibiendo datos de producción energética estimable en base a hipótesis concretas de inversión similares a las planteadas en el presente artículo, para que puedan así las empresas basar una toma de decisiones al respecto.

Es de recalcar el hecho de que, vista la capacidad real de planteamiento de soluciones de aportación renovable de este estilo, será de gran importancia en un futuro a medio plazo que la regulación en España, tanto del mercado eléctrico en cuanto a incentivos aportados a grandes consumidores por reducción de calidad del suministro recibido como la legislación estatal relativa al autoconsumo, sean reestructuradas en favor de este tipo de instalaciones alejándose progresivamente de los del sistemas de retribución y e impositivos actuales.

6. Referencias bibliográficas

- Abengoa Solar (2014). Plantas Solares – Las Cabezas. Obtenido de http://www.abengoasolar.com/web/es/plantas_solares/plantas_propias/espana/
- Álvarez, R. (2017). Xataka: La planta fotovoltaica de mayor capacidad en el mundo está en India y cuenta con 2,5 millones de módulos solares. Obtenido de <https://www.xataka.com/energia/con-2-5-millones-de-modulos-solares-india-presenta-la-planta-fotovoltaica-de-mayor-capacidad-en-el-mundo>
- ArcelorMittal, 2018. *Somos el principal productor siderúrgico y minero a escala mundial*. Obtenido de <http://spain.arcelormittal.com/who-we-are/at-a-glance.aspx>
- ArcelorMittal, 2017. *ArcelorMittal Méditerranée and EDF Energies Nouvelles inaugurate solar power plant at Fos-sur-Mer*. Obtenido de <http://corporate.arcelormittal.com/news-and-media/news/2017/oct/25-10-2017>
- ArcelorMittal, 2015. *ArcelorMittal automotive focussed investor event*. http://automotive.arcelormittal.com/News/1811/Auto_IR_event
- Eurostat (2015). Recuperado de <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/2995521/6849826/8-27052015-AP-EN.pdf/4f9f295f-bb31-4962-a7a9-b6c4365a5deb>
- Gestor del Mercado Energético italiano - Gestore Mercati Energetici (2018). Obtenido de http://www.mercatoelettrico.org/En/menubiblioteca/documenti/201802BorseEuropee_en.pdf
- Mur, J. (2009). Curso de energía eólica – Universidad de Zaragoza. Obtenido de <http://www.windygrid.org/manualEolico.pdf>
- Peña, R. (2011). Energía eólica – Universidad CEU San Pablo - IMF. Ediciones Roble, S.L.
- REE, 2018. Recuperado de http://www.ree.es/sites/default/files/01_ACTIVIDADES/Documentos/IRE/InfomenIRE_Mar18.pdf
- Roca, J. (2017). El periódico de la energía: La india Kurnool se convierte en la mayor planta fotovoltaica del mundo. Obtenido de <https://elperiodicodelaenergia.com/la-india-kurnool-se-convierte-en-la-mayor-planta-fotovoltaica-del-mundo/>
- Rush, P. (2018). Just the facts: Topaz solar farm. Obtenido de https://www.bherenewables.com/include/pdf/fact_sheet_topaz.pdf
- Sempra Renewables (2018). Solar in operation: Mesquite Solar 1. Obtenido de <http://www.semprarenewables.com/project/mesquite-solar-1/>
- Vestas (2018). Obtenida de http://www.thessaly.gov.gr/data/mppe/2016//5617/CD_TELIKO_MPE_ASPHE_GIOTH_S_36MW_ANANEOSIMES_THESSALIAS_AEE/MPE_GIOTH/PARARTHMA_I_PR_OSPECTUS_VESTAS/V112_3_3MW_Product_Brochurepdf.pdf