

EVALUATION OF THE BIOMASS POTENTIAL IN THE REGION OF MURCIA (SPAIN): APPLICATION TO HEAT/COOLING REQUIREMENTS IN INDUSTRIAL PARKS (ENERING LIFE+)

Molina-García, Á¹; Paredes Parra, José Miguel ²; García Cascales, M^a Socorro ¹;
Serrano, Jorge ²

¹ Universidad Politécnica de Cartagena, ² Centro Tecnológico de la Energía y el Medio Ambiente

This paper addresses the potential of the Renewable Energy Resources (RES) for electricity generation purposes, mainly focused on processes with high heat/cooling needs in industrial parks of the Region of Murcia (Spain). With this aim, different solutions are studied focusing on the use of biomass and photovoltaic solutions within the industrial sector. These approaches are in line with a European Project currently in force, Enering Life+, where a large percentage of the energy demanded by the industrial process is provided by biomass and solar solutions.

In this work, the potential available in the Region of Murcia is evaluated in terms of biomass and solar, in order to assess the feasibility of implementing sustainable solutions in industrial parks and their impact on CO₂ emissions in the Region of Murcia (Spain). This implementation is mainly focused on industrial processes requiring significant heat/cooling necessities, through the integration of processes based on absorption systems. Consequently, renewables are introduced in the generation mix by considering the end-use requirements.

Keywords: Renewables; Biomass; CO₂

EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE BIOMASA EN LA REGIÓN DE MURCIA: APLICACIÓN EN PROCESOS FRÍO/CALOR DE POLÍGONOS INDUSTRIALES (ENERING LIFE+)

Este artículo se centra en evaluar el potencial de generación eléctrica de origen renovable en procesos que demandan frío/calor dentro de polígonos industriales de la Región de Murcia (Sureste de España). Para ello se estudia la aplicación de soluciones similares a las ya implementadas en el Proyecto Europeo actualmente en vigor, Enering Life+, centrado en el empleo de biomasa y generación fotovoltaica con el fin de cubrir un alto porcentaje de la demanda energética de una planta industrial.

En concreto, en este trabajo se evalúa el potencial disponible en cuanto a biomasa y solar en el entorno de los polígonos industriales de la Región de Murcia, de cara a evaluar la viabilidad de la implantación de soluciones sostenibles en polígonos industriales y su impacto en las emisiones de CO₂ de la Región de Murcia. Esta implantación va sobre todo enfocada a procesos industriales que demandan frío/calor, proponiendo la integración de procesos de absorción y vinculando así las fuentes empleadas con el uso final de la energía.

Palabras clave: Energías Renovables; Biomasa; Reducción CO₂

Correspondencia: Angel Molina García - angel.molina@upct.es

Agradecimientos: Este trabajo ha sido financiado con fondos europeos del programa LIFE + mediante el proyecto (LIFE-11-ENV-ES-542) y agradecer a todos los socios del proyecto INFO, CETENMA, CTCON, COIIRM, UPCT y así como a la empresa DIEGO Zamora S.A.

1. Introducción

El proyecto ENERING, financiado por la Unión Europea dentro del Programa Life+ con referencia LIFE-11-ENV-ES-542, supone una propuesta demostrativa y real de integración de fuentes renovables en polígonos industriales. En concreto, se ha realizado una experiencia piloto aprovechando los recursos solar y de biomasa existentes en la zona con el fin de disminuir la demanda eléctrica de las instalaciones del Grupo Diego Zamora ubicadas en Cartagena (Murcia) (Serrano J. 2015).

Como soluciones adoptadas se ha implementado una instalación solar fotovoltaica de 100 kWp y un sistema de refrigeración por absorción con el fin de suministrar las altas necesidades de climatización existentes en la planta, donde se fabrican y almacenan licores cuyos requisitos de temperatura son críticos. El sistema de absorción, con un total de 352 kW de capacidad de refrigeración, permite reducir las necesidades de refrigeración de los procesos de maceración en frío, al aplicar un pre-enfriamiento al producto así como la climatización de las salas de procesado. El calor demandado por el ciclo de absorción es suministrado por una caldera de agua caliente de 500 kW alimentada con biomasa disponible en la zona. Esta caldera también es responsable de alimentar el circuito de agua caliente requerido por la planta. Estas soluciones permiten cubrir la demanda de refrigeración en torno al 60-70%, un 100% la demanda de calor y a partir de energías renovables

Además, las reducciones de demanda pueden incluso ser más relevantes en las horas pico y los meses estivales, coincidiendo el período donde el sistema es más productivo con las demandas de energía más altas. En términos de ahorro de CO₂, y considerando una producción de CO₂ de 0,523 kg/kWh, se estima que la solución propuesta podría ahorrar en torno a 150 Toneladas de CO₂/año

El objetivo principal de este trabajo es evaluar el potencial de sustitución de las fuentes de energías convencionales por fuentes de energías renovables en los polígonos industriales de la Región de Murcia (Sureste de España) aplicando soluciones similares a las ya implementadas en el Proyecto Enering Life+, como son el empleo de la biomasa para obtención de frío/calor y la generación eléctrica fotovoltaica con el fin de cubrir un alto porcentaje de la demanda energética de las plantas industriales. Para ello se evalúan los recursos disponibles en cuanto a biomasa y recurso solar en el entorno de los polígonos industriales, de cara a poder evaluar por parte de los gestores de parques e industrias la viabilidad de las soluciones propuestas en el proyecto y su impacto en las emisiones de CO₂ de la Región de Murcia. Un estudio previo realizado por los autores en referencia al análisis económico y medioambiental de la integración de biomasa en polígonos industriales puede consultarse en (García-Cascales et al, 2015)

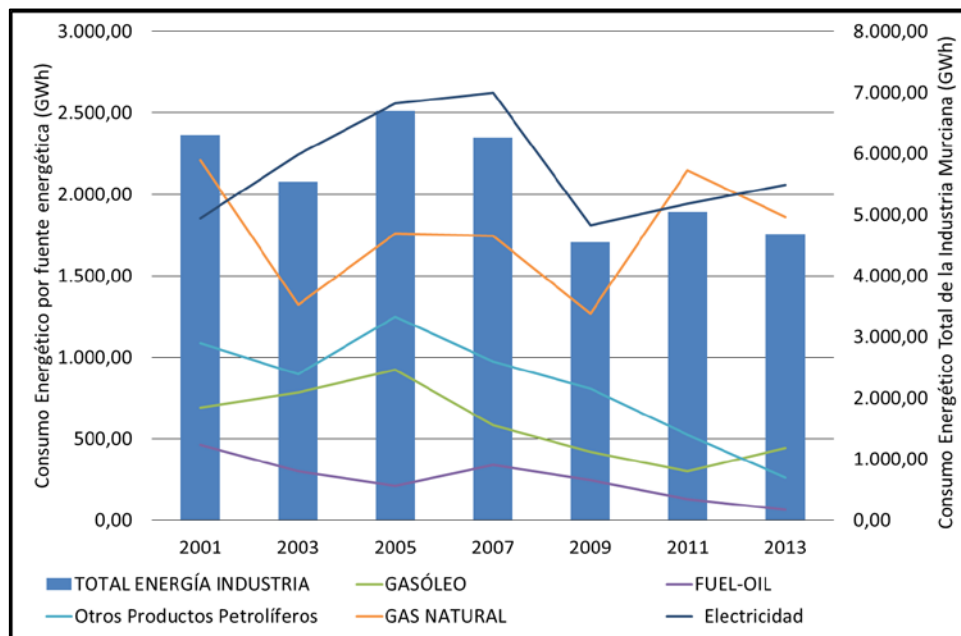
2. Revisión Energética del sector Industrial en la Región de Murcia

El consumo energético de las empresas industriales de la Región, alcanzó los 328.793 miles de € en el año 2013, con un ascenso del 2,51% con respecto al año 2011, y un 110 %, respecto al año 2001 según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2015). En términos energéticos, la industria de la Región presentó un consumo energético en el año 2013 de 4.687,18 GWh, de donde 2.629,55 GWh procede del consumo de Energía Térmica (GLP, Gas Natural, Gasóleo y Fuel-Oil), y el resto (2.057,63 GWh) de Energía Eléctrica.

Analizando la evolución de los últimos 12 años, en el período comprendido entre 2001 y 2013, la electricidad siempre ha sido el principal producto energético, con porcentajes entre el 43,09% y 59,69% del total. Por otra parte, el porcentaje del consumo de productos petrolíferos ha ido paulatinamente, descendiendo hasta situarse en el 11,17% del total en el año 2013.

En lo que respecta a la demanda de energía, ésta ha aumentado en un 110% en los últimos 12 años. El consumo de fuentes energéticas no renovables ha disminuido, alcanzando una reducción del 40% con respecto al año 2001 (véase la Figura 1).

Figura 1. Evolución del Consumo Energético según fuentes energéticas en la Región de Murcia, en el sector Industrial. (CREM 2013; (IDAE) 2014; INE 2015)



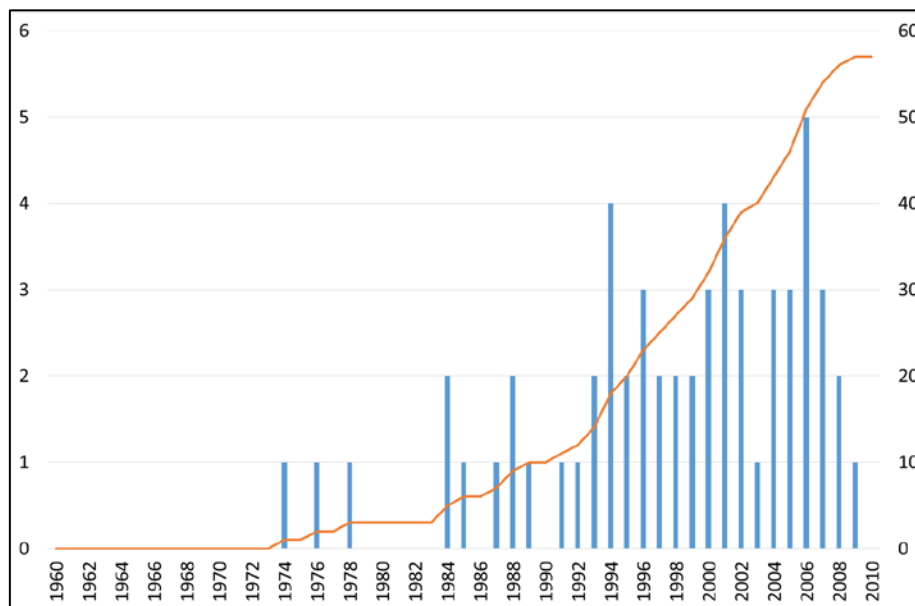
El aumento del consumo energético sufrido por la Región de Murcia se encuentra directamente ligado al número de empresas del sector industrial que han ido instalándose en la región a lo largo de los últimos años. En este sentido, se puede establecer una relación proporcional con el aumento de zonas o Polígonos Industriales que han sido construidos con el fin de albergar empresas y tejido industrial en general.

En la Figura 2 se muestra la evolución del número de polígonos industriales de la Región. En la actualidad la Región de Murcia cuenta con 64 Polígonos Industriales repartidos por su geografía que albergan a un total de 4977 empresas. No obstante, cabe destacar que a partir del año 2009, año en el que se alcanzó el mayor número de empresas del sector industrial, a raíz de la crisis financiera el número de empresas ha descendido un 14% alcanzando las 8.728 empresas del sector industrial según el Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM, 2015).

Tabla 1. Datos generales de polígonos industriales en la Región de Murcia

Número de Polígonos Industriales	Ocupación Media	Número de Empresas en Polígonos Industriales	Número de Parcelas en Polígonos Industriales
64	66%	4.977	6.864

Figura 2. Evolución del Número de Polígonos Industriales en la Región de Murcia.
Fuente Elaboración Propia a partir de datos de sueloindustrial.es ((INFO) 2015)



3. Evaluación y desarrollo de recursos sostenibles de biomasa y logística de suministro en los Polígonos Industriales de la Región de Murcia

Con el fin de estimar el potencial de biomasa disponible en la Región de Murcia y su aplicabilidad como fuente renovable en polígonos industriales, se ha empleado la herramienta BIORAISE. Esta aplicación es una herramienta SIG que ofrece información a nivel de término municipal en España relativa a diferentes cultivos para producción de biomasa. Así, recoge información relativa a producciones esperadas, costes económicos, energéticos y medioambientales, incluyendo la recolección y transporte de la biomasa desde los sitios de producción a un punto elegido de la geografía nacional, proporcionando un soporte técnico a los agricultores e industria del sector para la producción de energía a partir de la biomasa sólida.

Debido a la gran variedad de tipos de biomasa agrícola y fuentes existentes de ésta, BIORAISE emplea un único método de aplicación en general, de manera que los subproductos agrícolas son evaluados sobre la base de la cosecha anual del producto principal. Por otra parte, las evaluaciones de la biomasa forestal, se basa en los datos proporcionados por los invernaderos forestales.

En este estudio, se ha realizado la evaluación energética disponible en un radio de 10 km del polígono industrial en cuestión, ubicado en Los Camachos (Cartagena) valorando la disponibilidad de biomasa correspondiente a los siguientes cultivos: secano, regadío, viñedos, frutales, olivares y dehesas de cultivos anuales.

Figura 3 Imagen de la herramienta BIORAISE

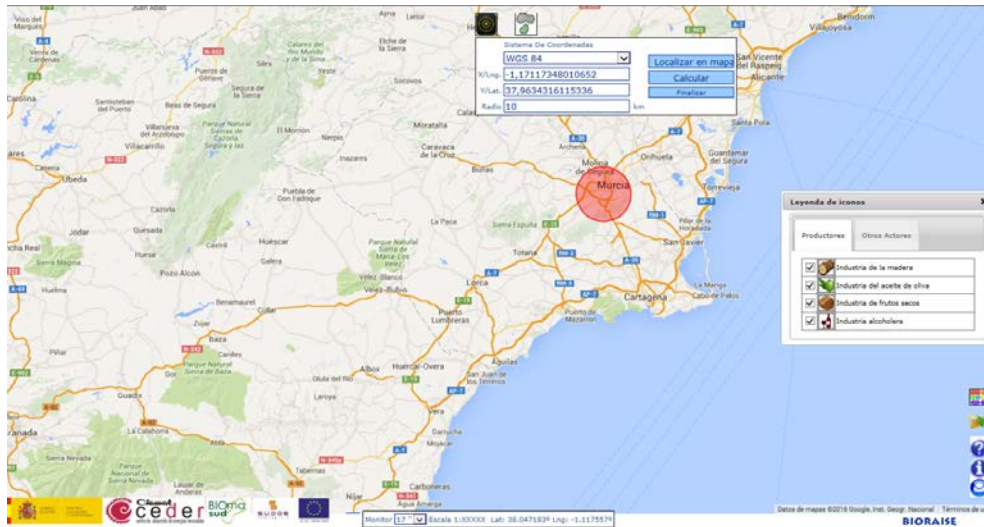
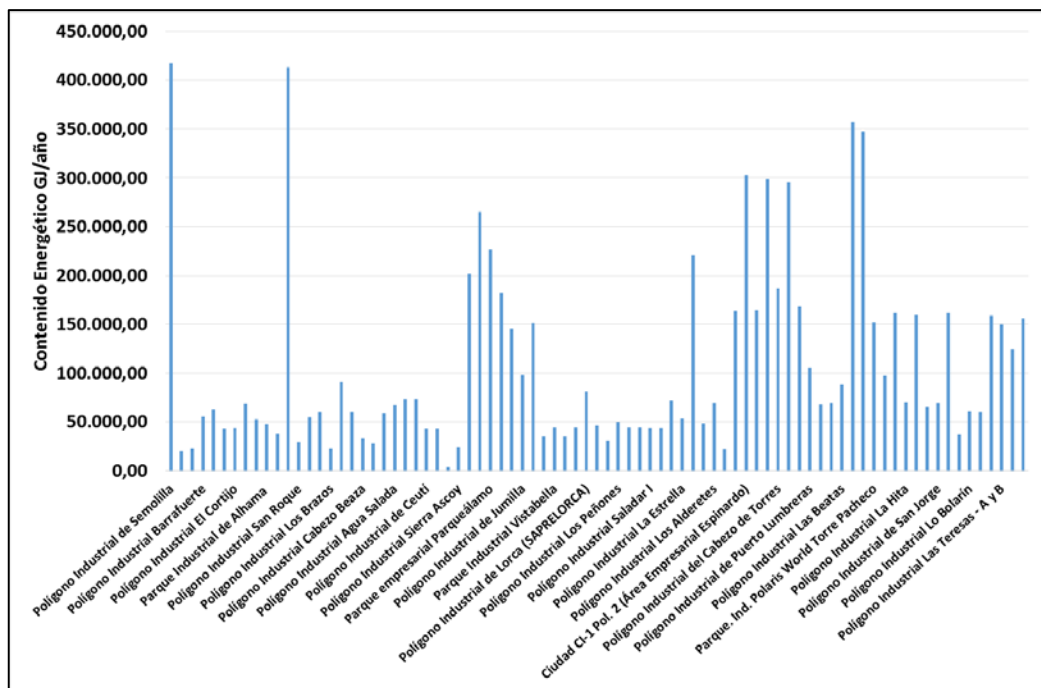


Figura 4. Contenido Energético Total por Polígono Industrial. Fuente: Elaboración Propia a partir de datos de BIORAISE (CIEMAT 2014)



Los resultados obtenidos en BIORAISE se muestran en la Figura 4, donde el Polígono Industrial de El Semolilla (Abanilla) y El Mojón (Beniel) presentan mayor cobertura de contenido energético, siendo el Polígono de Los Prados (Cieza) el que menos.

Para evaluar la producción de energía a partir de los cultivos existentes en la Región de Murcia, se tendrá en cuenta el contenido energético de cada uno de estos cultivos. De esta manera, se alcanza una producción total de 284 Gwh/ año. En la Tabla 2, se muestra la contribución energética de los cultivos estudiados.

Tabla 2. Contribución Energética de biomasa en la Región de Murcia. Fuente: BIORAISE (CIEMAT 2014)

Cultivo	Contribución Energética GWh)
Secano	49,30
Regadío	169,71
Viñedos	282,70
Frutales	706,47
Olivares	7,23
Dehesas de Cultivos Anuales	67,08

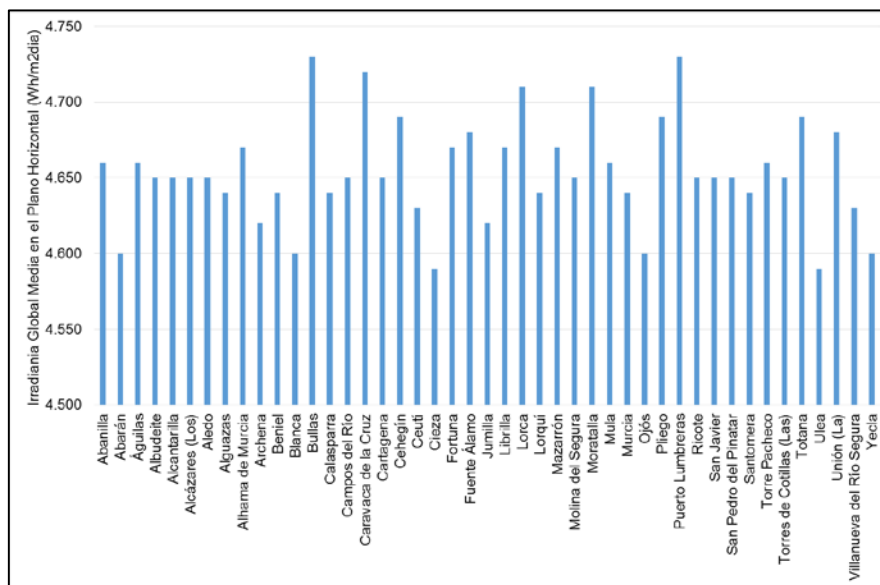
4. Estimación del potencial de generación solar fotovoltaica en los Polígonos Industriales de la Región de Murcia.

A la hora de estimar el potencial de generación solar fotovoltaica en los Polígonos Industriales, tanto sobre cubierta o tejado como a nivel de suelo en la Región de Murcia, se han valorado diferentes metodologías aplicadas en estudios similares dentro de la bibliografía disponible.

La metodología aplicada se divide en tres niveles: (i) potencial físico, donde se considera la cantidad de energía total recibida del sol en el área de estudio; (ii) potencial geográfico, que limita la zona donde la energía solar puede ser captada; y (iii) potencial técnico, que tiene en cuenta las características técnicas (incluido rendimiento) del equipamiento empleado para la transformación del recurso solar en energía eléctrica.

En el cálculo del **potencial físico** se obtienen los valores de irradiación Global media, en el plano horizontal ($Wh/m^2/día$), mensual y anual, para cada término Municipal donde se ubican los polígonos .La base de datos utilizada es PVGIS (2012). En la figura 5 se muestra la irradiación global media anual, en el plano horizontal ($Wh/m^2.día$), para cada municipio de la Región de Murcia. La Región de Murcia presenta un gran potencial físico, con un valor medio de radiación solar, en el plano horizontal, del orden de $4.653,78 Wh/m^2/día$.

Figura 5. Irradiación Global Media en el plano horizontal. Fuente: PVGIS (2012)



El **potencial geográfico** de una fuente de energía renovable es, normalmente, determinado por el área física existente, excluyendo de ésta las zonas reservadas para otros usos, como carreteras, ríos, lagos, playas y sus áreas de influencia, además de las zonas protegidas tales como Parques Nacionales. Para ello, se ha partido de la metodología de cálculo desarrollada por el Grupo de Fluidodinámica Numérica de la Universidad de Zaragoza (2008) (Izquierdo S 2008).

En el caso que nos ocupa, la determinación de generación eléctrica mediante el recurso solar en polígonos industriales, esas exclusiones no son significativas o válidas, ya que sólo el área de cubierta disponible es importante. Sin embargo, sí son relevantes otras posibles restricciones derivadas de la configuración del polígono y de otras instalaciones industriales, ver Tabla 3.

Tabla 3. Resumen de superficies disponibles para instalaciones solares en la Región de Murcia

Nº de Polígonos Industriales	SUPERFICIES (m ²)					
	Total	Industrial	Zonas Verdes	Equipamientos	Comercial	Viales
64	31.360.504	20.009.453	3.485.659	1.473.234	649.520	5.745.427

Para evaluar el área de cubierta disponible partimos de la superficie Total del Polígono, el número de empresa y parcelas y del nivel de ocupación de los que se calcula el área construida (A_b) que es la superficie ocupada por edificios.

El área de tejado o cubierta (A_r) definida como el área dentro de la superficie construida ocupada por tejado se calcula estimando que el 90% de la parcela o superficie industrial pertenece a la cubierta del edificio afincado en ésta:

El área de cubierta disponible es determinada a partir del área construida, aplicando las restricciones correspondientes, mediante los siguientes coeficientes

$$A_a = A_r \cdot C_s \cdot C_f \cdot C_v \quad (1)$$

- Coeficiente de fracción de espacio (C_v): Considera el espacio o hueco en los edificios.
- Coeficiente de sombras (C_s) Tiene en cuenta los efectos de las sombras producidas por otros edificios, objetos o por la misma configuración del tejado.
- Coeficiente de instalaciones (C_f): Excluye las superficies que tienen otras aplicaciones (antenas, chimeneas, equipos de aire acondicionado, etc.).

El coeficiente de fracción de espacio se ha considerado 0,58, el de sombras 0,7 para valorar positivamente el bajo nivel de sombra y 0,43 para el coeficiente de instalaciones que refleja

Con estos datos se obtiene una superficie disponible para la instalación de energía solar fotovoltaica de 2.702.607 m².

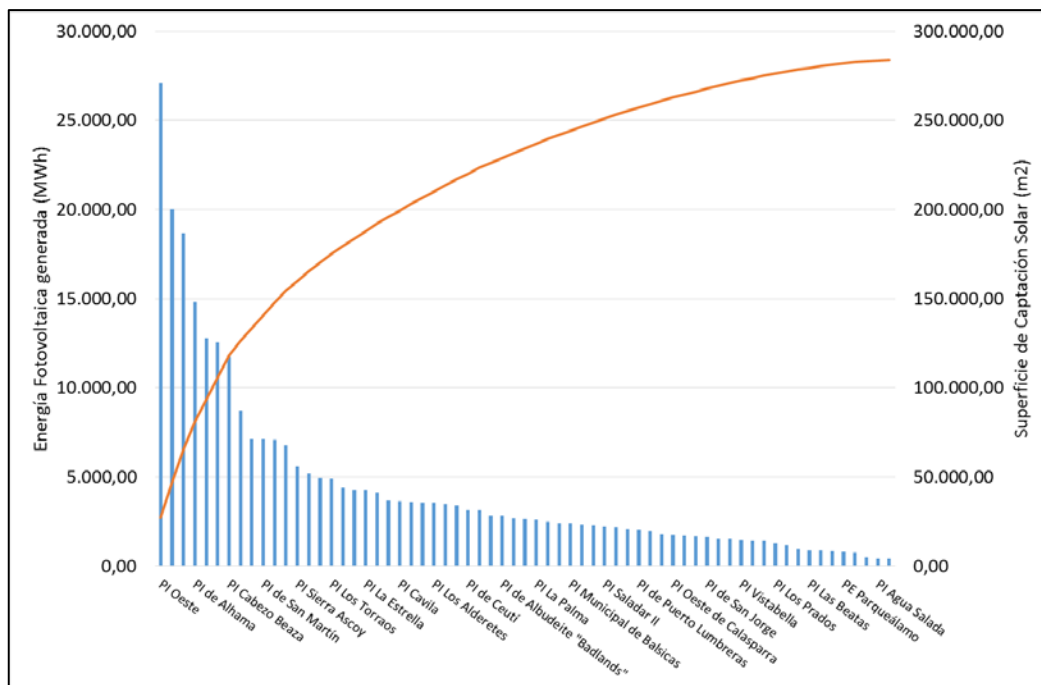
Por último se realiza la estimación del potencial técnico. Para ello, se debe tener en cuenta tres aspectos adicionales:

- La radiación sobre las superficies inclinadas y la determinación de las contribuciones de radiación directa, difusa y reflejada (albedo).
- La necesidad de espacio entre módulos fotovoltaicos para evitar sombras (especialmente, se aplica el criterio de mínimo sombreado en el solsticio de invierno. Caso más desfavorable, ya que las sombras son las más alargadas).
- La eficiencia del módulo fotovoltaico, que es función, entre otros factores, de la irradiancia incidente (W/m^2) y de la temperatura ambiente ($^{\circ}C$).

En este artículo, se ha partido de una instalación tipo de estructura fija de 5kWp, con orientación óptima, con la que se ha determinado la superficie ocupada por la instalación, estimándose una superficie de instalación fotovoltaica de $15 m^2/kW_p$.

Esta misma instalación tipo se ha introducido en la herramienta de cálculo de Pvgis (poner en referencias) calculándose de este modo anual (kWh) por m2 de instalación considerándose para los cálculos una media de 1500 kWh año /kWp instalado. Partiendo de los datos anteriores se ha estimado el potencial de generación eléctrica por medio del recurso solar en las cubiertas de polígonos industriales de la región, alcanzándose una producción total de 1.282 Gwh/ año. En la Figura 6 se muestra la producción estimado por polígono en forma de diagrama de Pareto.

Figura 5. Pareto de potencial de energía fotovoltaica en los Polígonos Industriales de la Región de Murcia. Fuente: Elaboración Propia



5. Estimación del potencial de ahorro de emisiones

Para evaluar el potencial de ahorro de emisiones en del sector industrial de la Región de Murcia a raíz de aprovechar las fuentes energéticas estudiadas en este documento (energía solar fotovoltaica y de la biomasa), partimos del potencial calculado en apartados anteriores, es decir, una producción de 284 GWh para el caso de la biomasa y 1.282 GWh en energía fotovoltaica.

Por otra parte se ha estimado las emisiones actuales del sector a partir de los consumos de las diferentes fuentes que emplean. Para una mayor exactitud en el cálculo de las emisiones de CO₂ generadas por los combustibles fósiles en la producción de energía térmica, se ha calculado un ratio de emisiones a partir de los consumos de cada uno de los combustibles calcula obteniendo así los valores que aparecen en la Tabla 4. A continuación, en la Tabla 5 se expone el ahorro de emisiones derivado de la implantación de estas fuentes energéticas en las industrias de la Región.

Tabla 4. Ratio de Emisiones de Energía Térmica.
Fuente: Elaboración Propia

	2005	2007	2009	2011	2013
RATIO EMISIONES ET	241,13	228,20	228,75	238,06	245,42

Tabla 5. Potencial de ahorro de emisiones en la Industria de la Región de Murcia.
Fuente: Elaboración Propia

	2005	2007	2009	2011	2013
Situación Actual (TCO ₂)	2.019.643,20	1.877.650,82	1.349.825,87	1.512.317,05	1.466.348,35
Situación Futura (TCO ₂)	1.439.412,61	1.301.092,39	773.112,73	932.958,48	884.896,46
Emisiones Evitadas (TCO ₂)	580.230,59	576.558,43	576.713,14	579.358,57	581.451,90
Reducción (%)	28,73%	30,71%	42,73%	38,31%	39,65%

6. Conclusiones

Este artículo tiene como objetivo realizar una estimación del potencial de implantación existente en los polígonos industriales de la Región de Murcia de soluciones energéticas basadas en fuentes renovables presentes en la zona, concretamente biomasa y energía solar. Para ello se toma como base las soluciones propuestas por el proyecto Life+ Enering, en el que se cubren las necesidades de frío/calor y parte del resto de demanda eléctrica a partir de dichas fuentes.

En base a los cálculos realizados, la industria de la Región de Murcia podría alcanzar 581.451 toneladas de CO₂ evitadas, es decir, un descenso del 39,65% tomando como año de referencia año 2013, por la sustitución de las fuentes energéticas actuales por otras renovables y con una alta disponibilidad en el entorno de los polígonos donde se ubican.

7. Referencias

Enering Life+ European Union (<http://www.eneringlife.eu>)

Centro Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), 2014, BIORAISE, *Biocombustibles Sólidos de calidad en el sur de Europa*. <http://bioraise.ciemat.es/Bioraise/main.aspx>

Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM), 2013, *Evolución del consumo de los principales hidrocarburos*.

Centro Regional de Estadística de Murcia (CREM), 2013, *Evolución del número de establecimientos según actividad principal*.

García-Cascales MS, Molina-García, A, García-Sánchez, T., Paredes, J.M. (2015), Análisis económico y medioambiental de integración de biomasa en polígonos industriales: El proyecto Enering LIFE+ como caso práctico. 19 International congress on project management and engineering, Granada, (<http://www.aepro.com/files/congresos/2015granada/05042.4460.pdf>)

European Commission, Joint Research Centre Institute for Energy, Renewable Energy Unit, 2012. *Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic Technology*

EUROSTAT, 2014, *Estadísticas Regionales de Superficie y Producciones Agrícolas*. <http://ec.europa.eu/eurostat>.

Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), 2014. *Balances de energía final (1990-2013)*.

Instituto de Fomento de la Región de Murcia (INFO). *Servicio Avanzado de Localización Industrial SALIN*. <http://sueloindustrialmurcia.es/salininternet/#>.

Instituto Nacional de Estadística (INE), 2015. *Encuesta de Consumos Energéticos 2013*.

Izquierdo S, Rodrigues M & Fueyo N. 2008. *A method for estimating the geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic energy-potential evaluations*. *Solar Energy*. 82:929-939.

Serrano J., Paredes J.M., García-Cascales M.S., Sánchez-Lozano J.M., Molina-García A. (2015). *Potential Study of Biomass in the Area of Cartagena (Spain) under the ENERING LIFE+ European Project*. International Conference on Renewable Energies and Power Quality (ICRE PQ'15) La Coruña