

ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO DE PARQUES INDUSTRIALES SOSTENIBLES

Fernández Diego, I.; Juan Luna, A.; Ruiz Puente, M.C.

Área: Proyectos de Ingeniería

Departamento: Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos

Universidad de Cantabria

E.T.S. Ingenieros Industriales y Telecomunicación

Avda. de Los Castros s/n (39005) Santander

Tlf: +34 942 201789

E-mail: fernandei@unican.es

RESUMEN

Los polígonos industriales sostenibles constituyen una aplicación de los principios de la ecología industrial para minimizar el consumo de recursos y la generación de residuos a través de la creación de redes de intercambio de materiales y energía entre las industrias. Actualmente no existe una metodología de diseño aplicable a la creación de estos parques, siendo el objetivo de este trabajo analizar el estado de conocimiento e implantación de los polígonos industriales sostenibles mediante una intensa búsqueda bibliográfica. Se han recogido los principales centros de investigación e instituciones que actualmente están implicadas en el desarrollo de estas áreas, así como la localización a nivel mundial de los principales eco-parques industriales planificados e implantados. Del análisis realizado se desprende que en los últimos años se ha producido un incremento de los eco-parques, los cuales se localizan principalmente en los países desarrollados, aunque existen numerosas iniciativas para su establecimiento en países en vías de desarrollo.

Palabras clave: polígono industrial sostenible, ecosistema industrial, diseño e implantación, localización mundial

ABSTRACT

Eco-industrial parks are a consequence of industrial ecology to minimize resource demand and waste production by the creation of material and energy exchange networks within the firms at the park. Nowadays, there is not a design methodology which can be applied to these parks. The aim of this paper is to analyze the state of the art of eco-industrial parks development. The paper shows the main research centres which are studying this topic and the location at world wide level of planned and operated eco-industrial parks. An increment of eco-industrial parks has been mainly reached in the developed countries in the last years, but also several initiatives have been found in developing countries.

Key words: eco-industrial park, industrial ecosystem, design and implementation, worldwide location

0 INTRODUCCIÓN

0.1 Polígonos industriales

Un polígono o parque industrial puede ser definido como “un conjunto de varias industrias que se agrupan con el fin de obtener las ventajas que puede suponer el estar dotadas de una serie de servicios comunes” [1]. Normalmente se agrupan pequeñas y medianas empresas, ya que entre los servicios comunes se pueden encontrar, además de las infraestructuras y equipamiento, servicios empresariales compartidos que pueden mejorar la eficacia individual de cada fábrica que integra el polígono.

La agrupación industrial en polígonos se ha convertido en una parte importante de la estrategia económica seguida por muchos países, en especial los más desarrollados. Sin embargo, esto puede traer consigo desastrosas consecuencias para el ambiente que lo rodea, dado que los parques industriales concentran en un espacio relativamente pequeño todos los problemas para el entorno de cada una de las empresas que lo componen, a lo que se debe añadir el impacto creado por las infraestructuras y los servicios propios del parque, ya que en ocasiones se observa que en las cercanías de un polígono se ha establecido una gran población que constituyen los propios trabajadores. De esta manera, en algunas ocasiones se llega al hecho paradójico de que la contaminación debida al tráfico es mayor que la de las propias industrias.

0.2 Sostenibilidad y ecología industrial

Tradicionalmente se ha creído que tanto los recursos como la capacidad de amortiguamiento a los impactos negativos por parte del medio ambiente eran ilimitados. Esta concepción ha originado un desequilibrio en el medio ambiente, incapaz de absorber los impactos negativos a los que está sometido. Alcanzada esta situación surge el concepto de ‘desarrollo sostenible’ definido como “el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades” [2].

La ecología industrial es una herramienta desarrollada para implantar la filosofía del Desarrollo Sostenible. Su objetivo es conseguir una mejora del comportamiento ambiental en la industria, basada en la aplicación de una analogía entre sistemas industriales y sistemas ecológicos naturales. De esta forma, los impactos ambientales globales se limitan a impactos locales sobre los que es más fácil actuar. Además, abarca los conceptos de prevención de la contaminación, análisis de ciclo de vida de los productos y diseño para el medio ambiente en la obtención de ciclos cerrados de materiales y energía.

Un aspecto clave de la ecología industrial es la interacción entre distintos procesos, es decir, el flujo de material que al final de un proceso se considera una corriente residual se puede utilizar por otro proceso como materia prima. El intento de minimización de residuos generados, no sólo se centra en el establecimiento de intercambios entre diferentes procesos productivos, sino que complementa a las acciones individuales llevadas a cabo en cada proceso.

0.3 Polígonos industriales sostenibles (PEI)

Una aplicación práctica de estos nuevos conceptos es el desarrollo de los polígonos industriales sostenibles, cuyas ventajas son múltiples, destacando servicios comunes de gestión de residuos, servicios de emergencia, potenciar una imagen más respetuosa con el medio ambiente... El excedente de energía de una fábrica puede ser aprovechado por otras colindantes. Respecto a los servicios sociales, si existe una alta densidad de población, es posible diseñar un sistema de transporte público que satisfaga las necesidades de los trabajadores, siempre y cuando exista una integración real entre los servicios sociales y las compañías. La aplicación de estas estrategias puede dar lugar a que el polígono sea más eficiente que la suma de cada empresa individualmente.

Sin embargo, el objetivo de búsqueda de ciclos cerrados conlleva una fragilidad implícita. Si una empresa integrada en un ciclo de intercambios quebrara, podría afectar negativamente al resto de las compañías. Esta debilidad cobra menos importancia en un polígono constituido por un importante número de empresas, dado que las posibilidades de intercambio son más elevadas que en un polígono más pequeño.

Las ventajas de esta nueva concepción de áreas productivas han impulsado que su desarrollo cobre una gran importancia en los últimos años. En este trabajo se realiza una revisión del grado de implantación a nivel global de estas estrategias, destacando las metodologías existentes, los centros de investigación y las áreas que ya funcionan bajo estas directrices. Para ello se recurre a realizar una revisión bibliográfica que determine el grado de implementación de los principios de la ecología industrial en los polígonos existentes y planificados a nivel mundial.

1 ESTRATEGIAS DE DISEÑO EN LOS ECOSISTEMAS

1.1 Niveles de ecosistemas

Según Lowe [3], existen diferentes niveles de ecosistemas industriales. Las posibles relaciones que se pueden presentar se muestran en la **Fig. 1**.

Parque o polígono ecoindustrial: es un conjunto de compañías que se sitúan una al lado de la otra y que operan de forma similar a una comunidad que comparte intereses medioambientales, económicos y sociales. Esta definición hace una clara referencia tanto al ámbito geográfico reducido, ya que aunque el parque en sí mismo sea de gran extensión y agrupe a cientos de empresas no se sale fuera de estos límites, como a la actividad empresarial industrial.

Intercambio de productos: el objetivo último consiste en crear un sistema para intercambiar materiales, energía, agua... entre los integrantes del mismo, que pueden ser desde las empresas de un parque industrial o de una región hasta una comunidad de vecinos. Con lo que se pretende que los recursos que algunas entidades participantes en el intercambio consideran residuos puedan ser utilizadas por otras. Las ventajas derivadas pueden ser una reducción de la contaminación y de los costes de deposición y un mejor aprovechamiento de recursos naturales, entre otras. Es conveniente destacar que estos sistemas de intercambio de productos no son, en sí mismos ecoparques.

Red eco – industrial: surge a partir del intercambio de productos en términos más amplios para impulsar tanto la actuación medioambiental como la empresarial. Bajo este concepto se pueden englobar parques eco – industriales o redes entre compañías independientes. Entre los miembros que conforman la red se pueden incluir programas de entrenamiento medioambiental, programas de servicios comunitarios y en general todos los tipos de programas que fomenten la unión y colaboración.

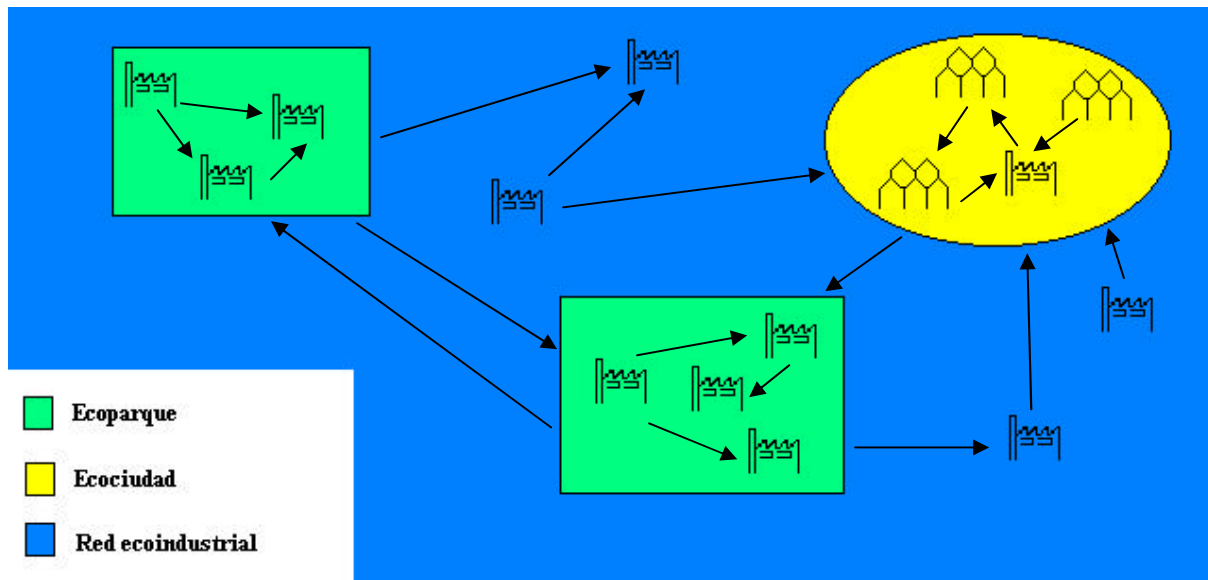


Fig. 1 – Niveles de ecosistemas industriales

1.2 Polígonos industriales sostenibles

En los últimos años se ha producido un gran avance en el desarrollo de las ideas expuestas en el apartado anterior, aunque el grado de implantación es escaso, lo cual se refleja en una falta de normativa clara que establezca y regule los aspectos medioambientales del diseño y la operación.

Esta carencia es debida, en parte, a la dificultad que existe al establecer una normativa aplicable a todos los casos, ya que cada parque es diferente. En el marco de la legislación actual se restringen las emisiones contaminantes permitidas para una única industria, lo que dificulta su aplicación a un polígono, ya que existe una probabilidad muy alta de que la suma de emisiones de todas las empresas que constituyen el parque sea mayor que la permitida legalmente.

Esta situación se podría controlar mediante el autogobierno de los polígonos y la consecuente libertad de autorregulación medioambiental. Sin embargo, el autogobierno puede presentar otros inconvenientes, ya que tradicionalmente, desde que se ha empezado a medir los niveles de emisión de ciertos productos catalogados como contaminantes, las empresas han necesitado realizar fuertes inversiones para alcanzar los límites permitidos, lo cual encarece sus productos y las hace menos competitivas de cara al mercado. Por lo tanto, si se permite a las empresas constituyentes del polígono la opción de autorregularse, en lo que a aspectos medioambientales se refiere, estas normas internas serán más o menos restrictivas en función del grado de competitividad que permitan a las empresas. La alternativa más sensata parece, a simple vista, la de conceder al polígono una serie de libertades de autorregulación

que se encuentren dentro de un cierto orden de actuación. Por ejemplo, se puede establecer una guía para la construcción de instalaciones, restringiendo el tipo de materiales, el tipo y el tamaño de los edificios, los colores...

A pesar de esta disyuntiva, fruto de la reciente experiencia de algunos ecoparques, se han recogido una serie de criterios traducidos en unas recomendaciones. Un ejemplo claro es el desarrollado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP) [4], modelo de gestión de emplazamientos industriales que se centra en la ubicación de dichas zonas con criterios ecológicos, planificación de infraestructuras y la implantación de servicios medioambientales. A continuación se recogen los principales aspectos de este informe.

1.2.1 Los principios clave

Para cualquier iniciativa medioambiental, siguiendo las directrices dadas por la Agenda 21 y la Declaración de Río:

El principio de prevención, que se resume en que es mejor prevenir que curar.

Integración tanto entre el proceso medioambiental y el económico (uno depende del otro y viceversa) como entre diversos sectores industriales.

Plan medioambiental, cuyo objetivo es optimizar el uso de la energía y materiales de una comunidad sin pasarse de los límites de la capacidad que tiene la región para generarlos. Para la elaboración de este plan se aconseja el uso de técnicas tales como la evaluación del impacto ambiental.

Diseño ecológico de construcciones y edificios.

Gestión medioambiental de calidad total, concepto que enlaza la gestión de la calidad con la gestión medioambiental. En Francia se ha desarrollado el eco – etiquetado PALME [4],[5],[6],[7].

Producción limpia y recuperación de recursos. El objetivo de la producción limpia es minimizar los impactos medioambientales mediante modificaciones de procesos y productos. Respecto a la recuperación de recursos, el reciclaje y la reutilización de residuos dentro de la misma compañía o mediante intercambios entre diferentes compañías es otra opción que aporta beneficios medioambientales y económicos.

La *ecología industrial* trata de modelar el sistema industrial como un ecosistema natural que demuestra eficiencia en la utilización de recursos.

1.2.2 Aspectos para llevar a cabo una gestión medioambiental

Desarrollo de una política medioambiental, que debe establecerse bajo el consenso de todas las partes implicadas.

Desarrollo de objetivos de actuación medioambiental, de tal forma que a la vez que se establecen objetivos económicos, se deben estudiar y promover los medioambientales.

Una *estructura de trabajo reguladora para la gestión medioambiental* incluye regulaciones tanto internas como externas y criterios económicos.

Proporcionar servicios medioambientales, de tal manera que contribuyan al alcance de los objetivos establecidos.

La *financiación de los servicios medioambientales* la debe controlar el propio gestor del polígono, cobrando a las empresas en función del aprovechamiento que hacen de los mismos.

Un polígono es una comunidad de intereses individuales, por lo que éstos deben ser compensados con los intereses comunitarios, ya que se puede producir un conflicto, por lo que se debe establecer una *gestión de responsabilidades medioambientales* que debe corresponder a las empresas, a la dirección del polígono y a los órganos gubernamentales.

Medida de la actuación y de la revisión del sistema de gestión. El éxito del sistema de trabajo depende del grado de cumplimiento de las disposiciones establecidas, por lo que se hace imprescindible el seguimiento y control del mismo.

Motivación de las empresas constituyentes del polígono para alcanzar las metas medioambientales, mediante ciertos reconocimientos.

La calidad medioambiental constituye una clara herramienta de marketing.

1.2.3 Estrategias de diseño medioambiental para la creación de nuevos parques industriales

Es necesario saber cuales van a ser los *clientes potenciales* del polígono, ya que de ello dependerá en gran parte el tipo de las acciones medioambientales que deben ser tenidas en cuenta.

Selección del emplazamiento, no sólo con criterios socio – económicos, sino también con los ecológicos.

Evaluación de impactos ambientales potenciales, que dependen del tipo de industria que se va a asentar en un polígono.

Evaluación de impactos socio – económicos potenciales, que se derivan de posibles asentamientos en las proximidades del polígono.

Diseño del emplazamiento. Un correcto diseño del layout del polígono puede evitar futuros daños.

Uso de métodos ecológicos para la construcción, enfocada a conseguir una disminución de la destrucción de áreas naturales, de la producción de residuos y de las necesidades de agua y energía.

Desarrollo medioambientalmente apropiado de la infraestructura, buena planificación del transporte, suministro de agua y energía, gestión de residuos y materiales...

1.2.4 Pautas para polígonos ya existentes

Recopilación de información de las condiciones medioambientales existentes.

Desarrollo de objetivos de actuación de gestión medioambiental. Debe configurarse un equipo para ayudar a identificar las necesidades del polígono.

Este equipo puede estar constituido por gestores del parque, directivos y empleados de empresas, miembros del gobierno local, científicos, miembros de la comunidad universitaria...

En síntesis, el objetivo de un polígono industrial sostenible es mejorar el funcionamiento económico de las compañías participantes a la vez que se minimizan sus impactos medioambientales. Alcanzar estos objetivos incluye un diseño verde de las infraestructuras y plantas (bien sea nuevo o a partir de un polígono ya existente); producción limpia, es decir, prevención de la contaminación; eficiencia energética e intercambios entre las compañías. Un polígono industrial sostenible busca además los beneficios de las comunidades vecinas para asegurar que el impacto de su desarrollo sea positivo.

2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL ESTADO DE DESARROLLO DE LOS ECOPARQUES

2.1 Centros de investigación

La información relativa a los centros e instituciones involucrados en la investigación referente a los PEI, obtenida de la revisión bibliográfica realizada, ha sido sintetizada en

Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4. En estas tablas se recogen, divididos por continentes, los principales centros involucrados en la investigación y desarrollo de estas nuevas áreas productivas que se implantan cada vez con más fuerza. Los centros de investigación se agrupan en los países más desarrollados, debido principalmente a la mayor dotación de recursos para financiar las líneas de investigación.

En algunos casos, como sucede en Asia, las diferentes iniciativas para la implantación de los principios de la ecología industrial no sólo son respaldadas por centros de la misma zona sino que existe una importante colaboración por parte de centros norteamericanos. Estos últimos proporcionan una mayor experiencia en ciertos países asiáticos que todavía se encuentran en vías de desarrollo.

En el caso de España, como se recoge en la **Tabla 2**, existen varias líneas de investigación referentes a este tema. En Cataluña se ha desarrollado un proyecto de parque eco-industrial a través de la Universidad Autónoma de Barcelona y el Centro de Estudios Ambientales. En el País Vasco, el Parque Tecnológico de Zamudio junto con otras organizaciones vascas y centros europeos, han participado en el proyecto ECOPADEV (herramienta para la toma de decisiones en el desarrollo de parques eco-industriales en Europa). Adicionalmente, en otros centros españoles se trabaja en diversas líneas de investigación relacionadas: el diseño sostenible, utilización en la construcción de materiales reciclados, arquitectura bioclimática, etc. Aunque no se refieren estrictamente al desarrollo de parques eco-industriales, estos campos representan algunos de los aspectos que son tenidos en cuenta en la implantación de estos nuevos polígonos.

CENTRO	LOCALIZACIÓN	FUENTE
Massachussets University	Estados Unidos	[3]
Research Triangle Institute	Estados Unidos	[3]
Research Triangle Park	Estados Unidos	[3]
Cornell University	Estados Unidos	[7]
Indigo Development Center	Estados Unidos	[3]
University of Washington, Seattle	Estados Unidos	[8]
Center for Industrial Ecology, School of Forestry and Environmental Studies, Yale University	Estados Unidos	[9]
Department of Chemical Engineering, Mason Laboratory, Yale University, New Haven	Estados Unidos	[9]
College of Architecture, Texas A&M University	Estados Unidos	[10]
President's Council on Sustainable Development	Estados Unidos	[11]
U.S. EPA	Estados Unidos	[3]
School for Resource and Environmental Studies, Universidad de Dalhousie	Canadá	[12]
Department of Geography, University of Toronto at Mississauga	Canadá	[12]

Tabla 1 – Centros de investigación en América

CENTRO	LOCALIZACIÓN	FUENTE
Department of Economics, University of Heidelberg, Institute for Eco-Industrial Analyses (IUWA)	Alemania	[13]
Department of Geography, Universidad de Mannheim	Alemania	[13]
Ingenieurbüro Trinius	Alemania	[14]
German society for technical co-operation (GTZ)	Alemania	[15]
Energy Research Centre of The Netherlands (ECN)	Países Bajos	[14]
Faculty of Technology Management, Technische Universiteit Eindhoven	Países Bajos	[16]
Studiecentrum voor Milieukunde, Erasmus Universiteit	Países Bajos	[16]
Department of Environmental Studies and Policy, Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, Utrecht University	Países Bajos	[3]
Beco (ICT Dept.)	Países Bajos	[14]

CENTRO	LOCALIZACIÓN	FUENTE
International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), Lund University	Suecia	[17]
Kungliga Tekniska Högskolan (KTH)	Suecia	[11]
Instituto de Desenvolvimento de Novas Tecnologias (UNINOVA)	Portugal	[14]
Madan Park –Parque de Ciência e Tecnologia Almada/Setubal (PCTAS)	Portugal	[14]
Department of Geography, Universidad de Hull	Reino Unido	[11]
Tampere Technology Centre LTD. (TTOY)	Finlandia	[14]
Universidad Autónoma de Barcelona	España	[18]
Parque Tecnológico S.A. (PTZ) Zamudio	España	[14]
Fundación Robotiker	España	[14]
Fundación Gaiker	España	[14]

Tabla 2 – Centros de investigación en Europa

CENTRO	LOCALIZACIÓN	FUENTE
Institute for Eco-Planning and Development, School of Management, Dalian University of Technology	China	[19]
Tsinghua University IE Team	China	[20]
Chinese Research Academy on Environmental Science	China	[21]
Tokyo-Osaka-Toyo Universities	Japón	[20]
Japanese Government	Japón	[20]
NCPC Korea	Corea	[20]
Department of Architecture, Chungnam National University	Corea del Sur	[22]
Taiwan Government	Taiwan	[20]
National University of Singapore	Singapur	[20]
Ministry of Economic and Industrial Development	Sri Lanka	[20]
Tata Energy Research Institute, Darbari Seth Block, India Habitat Center	India	[23]
Indian Institute of Management al Kolkota	India	[24]
Graduate School of Business, De La Salle University	Filipinas	[21]
Asian Productivity Organization (APO)		[20]

Tabla 3 – Centros de investigación en Asia

CENTRO	LOCALIZACIÓN	FUENTE
Centre for Developing Cities, Universidad de Canberra	Australia	[25]
Western Australian Water Corporation	Australia	[20]

Tabla 4 – Centros de investigación en Oceanía

2.2 Localización a nivel mundial de los PEI

A nivel mundial ya existen varios ejemplos de polígonos industriales sostenibles, algunos de los cuales ya están en funcionamiento, otros por el contrario todavía están en fase de planificación, es decir, sólo son proyectos. En ambos casos se incluye el diseño de polígonos nuevos y el rediseño de los ya existentes a partir del establecimiento de redes de intercambio de materiales y energía en áreas industriales donde no se daba esta simbiosis industrial.

Tras la búsqueda bibliográfica se han obtenido los resultados que se recogen en la **Tabla 5** ordenados por áreas geográficas. Se observa que las principales áreas de localización de los parques o estados eco-industriales se encuentran en el hemisferio norte, concretamente en América del Norte, Europa occidental y en los últimos años la zona sudeste del continente asiático. En este último emplazamiento la diversidad de áreas productivas eco-industriales es mayor, es decir, no sólo se piensa en el concepto de estado o parque eco-industrial sino que también se llevan a cabo proyectos de redes eco-industriales así como eco-ciudades.

	AMÉRICA NORTE	AMÉRICA SUR	EUROPA	ASIA	ÁFRICA	OCEANÍA	TOTAL
Parques en operación	9	0	24	4	0	0	37
Parques planificados	17	1	20	37	4	4	83
Parques en situación de desarrollo desconocida	13	0	0	0	0	0	13
TOTAL PARQUES	39	1	44	41	4	4	133
Porcentaje sobre el total	29,3 %	0,8 %	33,1 %	30,8 %	3,0 %	3,0 %	100 %

Tabla 5 – Distribución de los ecoparques a nivel mundial

La distribución porcentual de los ecoparques a nivel mundial se recoge en la **Fig. 2**

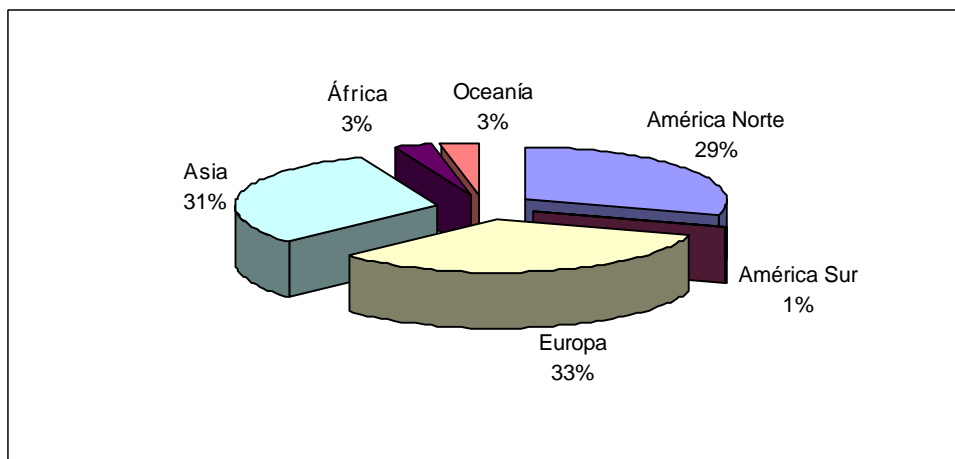


Fig. 2 – Distribución de ecoparques por continentes

En los siguientes apartados se recoge la distribución de los principales polígonos industriales sostenibles por continentes, para tener una visión sobre sus principales áreas de localización. Algunos de los ejemplos incluidos en las tablas representan redes eco-industriales o incluso en algún caso eco-ciudades.

2.2.1 América del Norte

A continuación se detallan en la **Tabla 6** los diferentes ecosistemas industriales en América del Norte. La primera columna representa un número de referencia para localizar el parque sobre un mapa del continente. A continuación se describe el nombre y país del ecoparque y por último la fuente bibliográfica de donde se ha obtenido. A su vez, la tabla se divide en tres partes. En la primera de ellas se recogen los polígonos ecoindustriales en funcionamiento, en la segunda los planificados y en la tercera los que no está claramente definido su grado de desarrollo.

Ref.	Nombre del polígono	Localización	Fuente bibliográfica
<i>Polígonos operativos</i>			
1	Brownsville Eco-Industrial Park	Estados Unidos	[8]
2	Fairfield Ecological Business Park	Estados Unidos	[26]
3	Port of Cape Charles Sustainable Technologies Industrial Park	Estados Unidos	[26]
4	Phillips Eco-Enterprise Center	Estados Unidos	[26]
5	Northwest Louisiana Comerse Center	Estados Unidos	[26]
6	Devens Planned Community	Estados Unidos	[26]
7	Carbazon Resource Recovery Park	Estados Unidos	[26]
8	Burnside Eco-Industrial Park	Canadá	[26]
9	Bruce Energy Centre	Canadá	[26]
<i>Polígonos pre-operacionales, bajo construcción o planificados</i>			
10	Red Hills EcoPlex (<i>Pre-operacional</i>)	Estados Unidos	[26]
11	Intervale Community Food Enterprise Center (<i>Pre-operacional</i>)	Estados Unidos	[26]
12	Gulf Coast By Product Synergy Project (<i>Pre-operacional</i>)	Estados Unidos	[11]
13	Stonyfield Londonderry Eco-Industrial Park (<i>Bajo construcción</i>)	Estados Unidos	[26]
14	Dallas Ecopark (<i>Bajo construcción</i>)	Estados Unidos	[26]
15	Coffee Creek Center (<i>Bajo construcción</i>)	Estados Unidos	[26]
16	Springfield (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
17	Renova Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
18	Menomenee Valley (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
19	Front Royal Warren County (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
20	Computer and Electronics Disposition Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
21	Buffalo, NY EIP (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
22	Basset Creek Valley (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
23	Alameda County Eco-Industrial Site (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[26]
24	Choctaw Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Estados Unidos	[10]
25	Alberta Industrial Heartland (<i>Planificado</i>)	Canadá	[26]
26	Sault Ste Marie (<i>Planificado</i>)	Canadá	[26]
<i>Polígonos industriales en fase de desarrollo desconocida</i>			
27	Raymond Green Eco-Industrial Park	Estados Unidos	[15]
28	Franklin Country Eco-Industrial Park	Estados Unidos	[15]
29	Green Institute, The	Estados Unidos	[15]
30	Skagit County Environmental Industrial Park	Estados Unidos	[15]
31	Trenton Eco-Industrial Complex	Estados Unidos	[15]
32	Volunteer Site, The	Estados Unidos	[15]
33	Shady Side Eco-Business Park	Estados Unidos	[15]
34	Vancouver	Canadá	[7]
35	Nanticoke	Canadá	[7]
36	Cornwall	Canadá	[7]
37	Becancour	Canadá	[7]
38	Point Tupper	Canadá	[7]
39	Saint John	Canadá	[7]
40	Parque industrial ecoeficiente ASCOPRO	Colombia	[27]

Tabla 6 – Polígonos industriales sostenibles en América

Su distribución geográfica se representa en la **Fig. 3**. De un total de 39 parques, un 23'1 % se hallan en operación, un 43'6 % en fase de planificación y el 33'3 % restante se desconoce su situación. Se observa que la mayor concentración de estos polígonos industriales se sitúa en la costa Este de Estados Unidos y Canadá, coincidiendo con las áreas más industrializadas.

En América, el concepto de polígono industrial sostenible ha sido aplicado principalmente a polígonos industriales ya existentes o a la revitalización de zonas urbanas. Para lograr el desarrollo de estos polígonos se ha buscado el establecimiento de redes de intercambio de residuos, agua y energía.

Alrededor del 30 % de estos polígonos industriales sostenibles se caracterizan por tener una central eléctrica, central de generación de vapor y electricidad o central de cogeneración que intenta actuar como centro del polígono, suministrando los servicios de electricidad o vapor al resto de industrias de forma que pueda lograrse el mayor aprovechamiento posible evitando posibles pérdidas de calor.

Las actividades industriales presentes en los distintos polígonos industriales son muy variadas: recuperación de subproductos, fabricación de compost, reciclado de diversos productos, procesado de neumáticos, industrias químicas, fabricación de fertilizantes, industrias energéticas, fabricación de acero, industria automovilística, refinerías de petróleo, desarrollo de tecnologías más respetuosas con el medio ambiente, procesado de alimentos, fabricación de componentes electrónicos y eléctricos ...

Cabe destacar la existencia del desarrollo de estos polígonos industriales sostenibles en tres antiguas bases militares (Devens Planned Community, Northwest Louisiana Comerse Center y Volunteer Site). En el caso de Devens se ha buscado la colaboración entre los negocios existentes y los vecinos del lugar, siendo las actividades productivas la fabricación de plástico, madera, papel y metales.

En América del Sur la implementación de estas estrategias aún se encuentra en una fase muy temprana. En la revisión realizada sólo se ha hallado un caso localizado en Colombia, al sur de Bogotá, y que corresponde a un proyecto de planificación del Parque Industrial Ecoeficiente de ASCOPRO [27], representado en la **Fig. 3**.

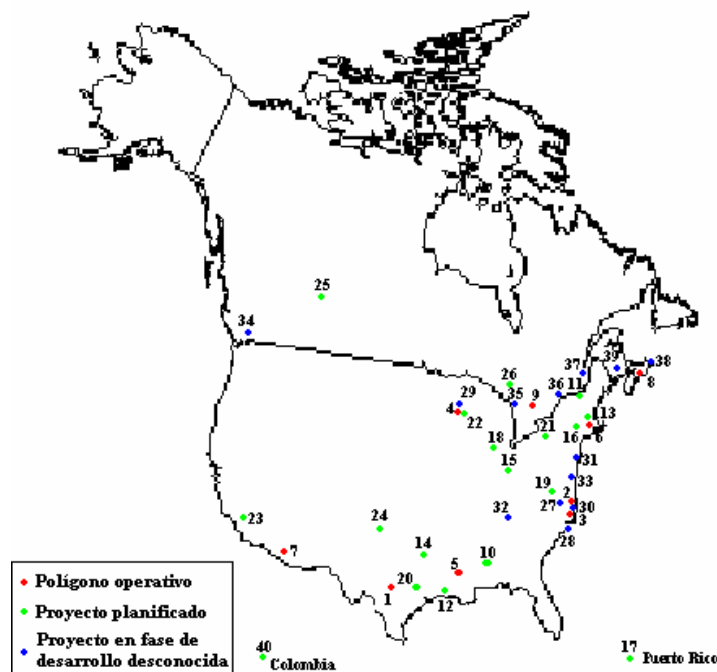


Fig. 3 – Distribución de los PEI en América

2.2.2 Europa

En **Tabla 7** se recogen los ecosistemas industriales que funcionan o que han sido planificados en la zona europea y su situación geográfica se representa en la Fig. 5. De los 44

ecoparques, un 54'5 % se encuentran en funcionamiento y el 45'5 % restante está planificado. Cabe destacar que se encuentran localizados principalmente en el Reino Unido y en los Países Bajos. Prácticamente no se han encontrado proyectos de este tipo en los países del Este de Europa.

Ref.	Nombre del polígono	Localización	Fuente bibliográfica
<i>Polígonos operativos</i>			
41	Vreten	Suecia	[26]
42	The Small Herat	Países Bajos	[26]
43	Industrial Eco-System Project (INES)	Países Bajos	[8]
44	RietVelden / Vutter	Países Bajos	[8]
45	Environment Park	Italia	[26]
46	Montagna-Energía Valle di Non	Italia	[26]
47	The Symbiosis Institute	Dinamarca	[26]
48	Folkecenter for Renewable Energy	Dinamarca	[26]
49	Emscher Park	Alemania	[26]
50	ValuePark	Alemania	[26]
51	Dyfi Eco Park	Reino Unido	[26]
52	Centre for Alternative Technology (CAT)	Reino Unido	[26]
53	Crewe Green Business Park	Reino Unido	[26]
54	Earth Centre	Reino Unido	[26]
55	EcoTech Centre	Reino Unido	[26]
56	London Remade Eco-Industrial Sites	Reino Unido	[26]
57	Eco site du Pays de Thau	Francia	[26]
58	Parc Industriel Plaine de L'Ain (PIPA)	Francia	[26]
59	Porte des Alpes (Technology Park)	Francia	[26]
60	Sphere EcoIndustrie D'Alsace (SECOIA)	Francia	[26]
61	Sunflower Farm Ecological Technology Centres	Polonia	[26]
62	Styrian recycling network	Austria	[26]
63	Hartberg Eco Park	Austria	[26]
64	Instituto Tecnológico y de Energías Renovables	España	[26]
<i>Polígonos pre-operacionales, bajo construcción o planificados</i>			
65	BCSD: National Industrial Symbiosis Programme (<i>Planificado</i>)	Reino Unido	[26]
66	Green Park (<i>Planificado</i>)	Reino Unido	[26]
67	Sustainable Growth Park (<i>Planificado</i>)	Reino Unido	[26]
68	Sustainable Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Reino Unido	[26]
69	Closed Project (<i>Planificado</i>)	Italia	[26]
70	Ecopark Oulu (<i>Planificado</i>)	Finlandia	[26]
71	Stockholm Environmental Science Park (<i>Planificado</i>)	Suecia	[26]
72	Ecofactorij Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
73	Agro Industrial Complex (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
74	Business Park South Groningen (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
75	The Kleefse Waard Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
76	The Trompet Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
77	Emmtec Industry and Business Park (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
78	Wavin Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
79	VAM MERA Eco-Industrial Park (<i>Planificado</i>)	Países Bajos	[28]
80	Germany's Rhine -Neckar region (<i>Red eco-industrial Planificada</i>)	Alemania	[13]
81	Sophia Esterel (<i>Planificado</i>)	Francia	[26]
82	Châlon sur Saône (<i>Planificado</i>)	Francia	[26]
83	Zone Landacre (<i>Planificado</i>)	Francia	[26]
84	Eco-Normandie (<i>Planificado</i>)	Francia	[26]

Tabla 7 – Polígonos industriales sostenibles en Europa

La naturaleza de los polígonos industriales sostenibles europeos es variada. Más de la tercera parte son ecoparques dedicados al desarrollo de tecnologías medioambientales, desarrollo de energías renovables, reciclado y reutilización de residuos además de difusión de

la educación ambiental. Una parte de estos polígonos industriales dedicados al desarrollo medioambiental han servido para la revitalización de áreas industriales en declive.

Un segundo tipo de polígonos industriales serían los que combinan el desarrollo de tecnologías ambientales con compañías de servicios (servicios de consultoría, ingeniería, estudios de viabilidad, análisis de laboratorio,...) que constituyen aproximadamente una octava parte del total.

Alrededor de un 40 % de los polígonos industriales son fruto de la aplicación de los principios de la ecología industrial a áreas industriales ya existentes, en las que existen variedad de actividades productivas (industrias químicas, textiles, mineras, biotecnológicas; fabricación de plásticos, papel, componentes electrónicos y eléctricos, coches, materiales de construcción, productos farmacéuticos, conducciones, tanques de almacenamiento; procesado de productos alimenticios) que conviven en una misma área industrial. Dentro de este grupo de polígonos industriales caben destacar los casos de simbiosis industrial de Styrian Recycling Network (Austria) y en especial The Symbiosis Institute (Dinamarca), comúnmente denominado Kalundborg.

Esta ciudad representa un claro ejemplo de cómo se puede obtener un polígono industrial sostenible a través de la aplicación de los principios de la ecología industrial. Kalundborg es una red de intercambios de residuos y energía entre la administración local de la ciudad, una central eléctrica, una refinería, una granja de peces, una planta farmacéutica y una productora de materiales de murallas (Fig. 4).

La central eléctrica genera electricidad y vapor quemando gas, el exceso de vapor es enviado a la piscifactoría, la ciudad y la planta farmacéutica. El vapor residual es también conducido a la refinería desde la compañía eléctrica, la cual recibe como intercambio gas residual. En las granjas próximas se usan los lodos procedentes de la granja de peces y de los procesos farmacéuticos como fertilizantes. Las cenizas volantes de la central eléctrica son utilizadas por una compañía de cemento, mientras el yeso producido en procesos de desulfuración realizados en la central eléctrica es llevado a la compañía productora de paredes de yeso. Se estima que los intercambios de residuos abarcan unos 2,9 millones de toneladas de materiales cada año, que el consumo colectivo de agua ha sido reducido en un 25 % y la central eléctrica ha reducido el uso del agua en un 60 % a través del reciclado.

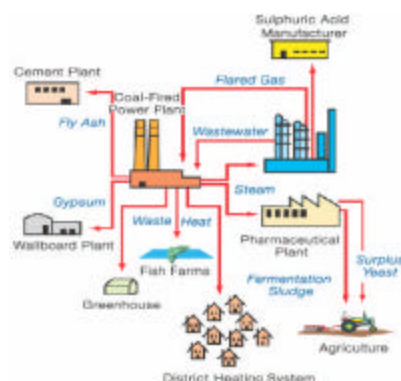


Fig. 4 – Simbiosis industrial en Kalundborg [29]

Por último, comentar que el desarrollo de proyectos de polígonos industriales sostenibles de nueva creación es una iniciativa que aún no ha logrado su implementación con el éxito esperado.

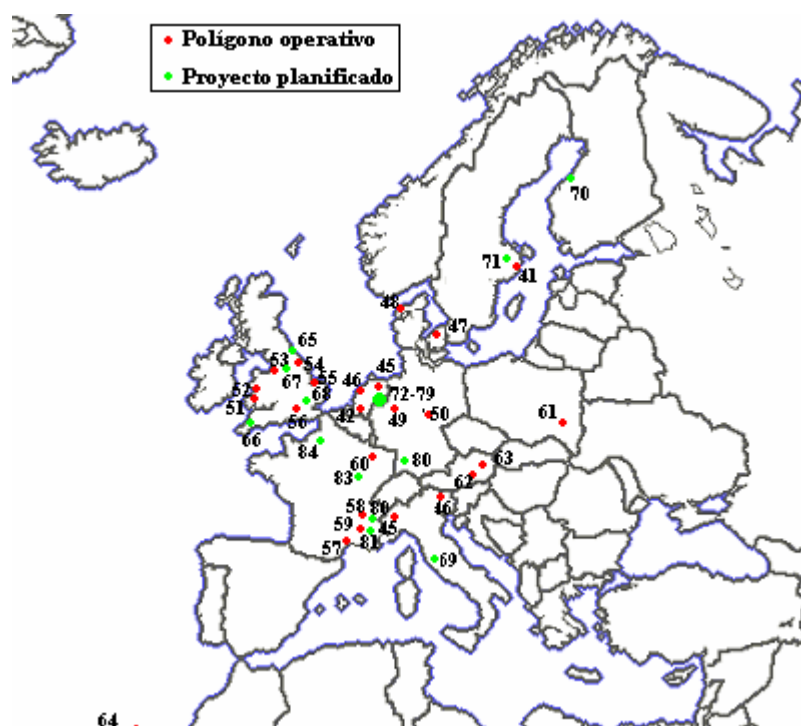


Fig. 5 – Distribución de los PEI en Europa

2.2.3 Asia

La situación de los polígonos eco – industriales en el continente asiático se muestra en la **Tabla 8**, siendo su situación geográfica la representada en la Fig. 6. De los 41 parques mencionados, tan sólo el 9’8 % se encuentran en operación, mientras que el 90’2 % restante están planificados.

Ref.	Nombre del polígono	Localización	Fuente Bibliográfica
<i>Polígonos operativos</i>			
85	Fujisawa Eco-industrial Park	Japón	[3]
86	Kokubo Eco-industrial Park	Japón	[3]
87	Guitang Sugarcane Eco-industrial Park	China	[3]
88	Naroda Industrial Estate	India	[3]
<i>Polígonos pre-operacionales, bajo construcción o planificados</i>			
89	Sapporo City (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
90	Hokkaido Prefecture (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
91	Chiba Prefecture (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
92	Iida City (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
93	Gifu Prefecture (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
94	Omuta City (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
95	Akita Prefecture (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
96	Uguiszawa City (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
97	Kitakyushu City (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
98	Kawasaki City (Proyecto de Eco-ciudad)	Japón	[3]
99	Nanghai Eco-industrial Park (Proyecto de polígono sostenible)	China	[30]

Ref.	Nombre del polígono	Localización	Fuente Bibliográfica
100	Quzhou Eco-industrial Park (Proyecto de polígono sostenible)	China	[30]
101	Zaozhuang Industrial Park (Proyecto de polígono sostenible)	China	[30]
102	Dalian Development Zone (Zona piloto para desarrollo de polígono sostenible)	China	[30]
103	Tianjin Development Zone (Zona piloto para desarrollo de polígono sostenible)	China	[30]
104	Yantai Development Zone (Zona piloto para desarrollo de polígono sostenible)	China	[30]
105	The Suzhou New Zone (Zona piloto para desarrollo de polígono sostenible)	China	[30]
106	Guigang (Proyecto de Eco-ciudad)	China	[3]
107	Map Ta Phut Industrial Park (Zona piloto para desarrollo de estado eco-industrial)	Tailandia	[3]
108	Eastern Seaboard (Zona piloto para desarrollo de estado eco-industrial)	Tailandia	[3]
109	Amata Nakorn (Zona piloto para desarrollo de estado eco-industrial)	Tailandia	[3]
110	Bangpoo (Zona piloto para desarrollo de estado eco-industrial)	Tailandia	[3]
111	Northern (Zona piloto para desarrollo de estado eco-industrial)	Tailandia	[3]
112	Daedeok Technovalley (Investigación para futuro desarrollo de estado eco-industrial)	Corea del Sur	[17]
113	Laguna Internacional Industrial Park (Proyecto de red eco-industrial)	Filipinas	[30]
114	Light Industry & Science Park (Proyecto de red eco-industrial)	Filipinas	[30]
115	Carmelray Industrial Park (Proyecto de red eco-industrial)	Filipinas	[30]
116	Philippine National Oil Company Petrochem Industrial Park (Proyecto de red eco-industrial)	Filipinas	[30]
117	Tirupur Textile Sector (Proyecto de red eco-industrial)	India	[30]
118	Tamil Nadu Tanneries (Proyecto de red eco-industrial)	India	[30]
119	Calcuta Foundries (Proyecto de red eco-industrial)	India	[30]
120	Tamil Nadu Paper / Sugar (Proyecto de red eco-industrial)	India	[30]
121	Semarang (Proyecto de red eco-industrial)	Indonesia	[30]
122	Industri Zona Manis (Proyecto de red eco-industrial)	Indonesia	[30]
123	LHT Resource Linkage (Proyecto de red eco-industrial)	Malasia	[30]
124	Tainan Technology & Industrial Park (Proyecto de red eco-industrial)	China	[30]
125	Changhua Coastal Industrial Park (Proyecto de red eco-industrial)	China	[30]

Tabla 8 – Polígonos industriales sostenibles en Asia

En el continente asiático existen múltiples iniciativas de desarrollo de los principios de la ecología industrial, materializados tanto en polígonos industriales sostenibles como en redes eco – industriales y eco – ciudades, localizados principalmente en China, Japón, la India y Tailandia.

El eco – parque de Fujisawa es el más importante de Japón. Está creado sobre una zona industrial ya existente, que en un futuro pretende integrar zonas residenciales. El objetivo principal es lograr alcanzar las cero emisiones para que la convivencia se pueda mantener.

Como consecuencia de una crisis en el tratamiento de residuos surgen en Japón los proyectos de eco – ciudades [3]. El objetivo de estas iniciativas es involucrar tanto a las industrias como a la comunidad en la gestión de residuos, lo cual es beneficioso para la economía local. Este proyecto cuenta con financiación tanto económica como tecnológica por parte del gobierno, y la única condición que se impone a las empresas participantes es que apliquen programas de reducción de uso energético e impulsen el reciclaje. Además, estos proyectos promueven el desarrollo de la alta tecnología aplicada a la gestión medioambiental. Existen varios proyectos de eco – ciudades y cada uno es diferente. Algunos tratan de desarrollar eco – parques o intercambios de subproductos a nivel regional, mientras que otros se centran en las tecnologías para el reciclado.

En China destaca el polígono que conforma el Grupo azucarero Guitang [19], situado en la ciudad de Guigang. Además de poseer la refinería de azúcar más grande de China, este

Grupo también cuenta con una planta papelera, una cementera, una planta de fertilizantes y una planta de tratamiento de pulpa. Este proyecto surge como consecuencia de intentar aprovechar los subproductos derivados de la producción de azúcar.

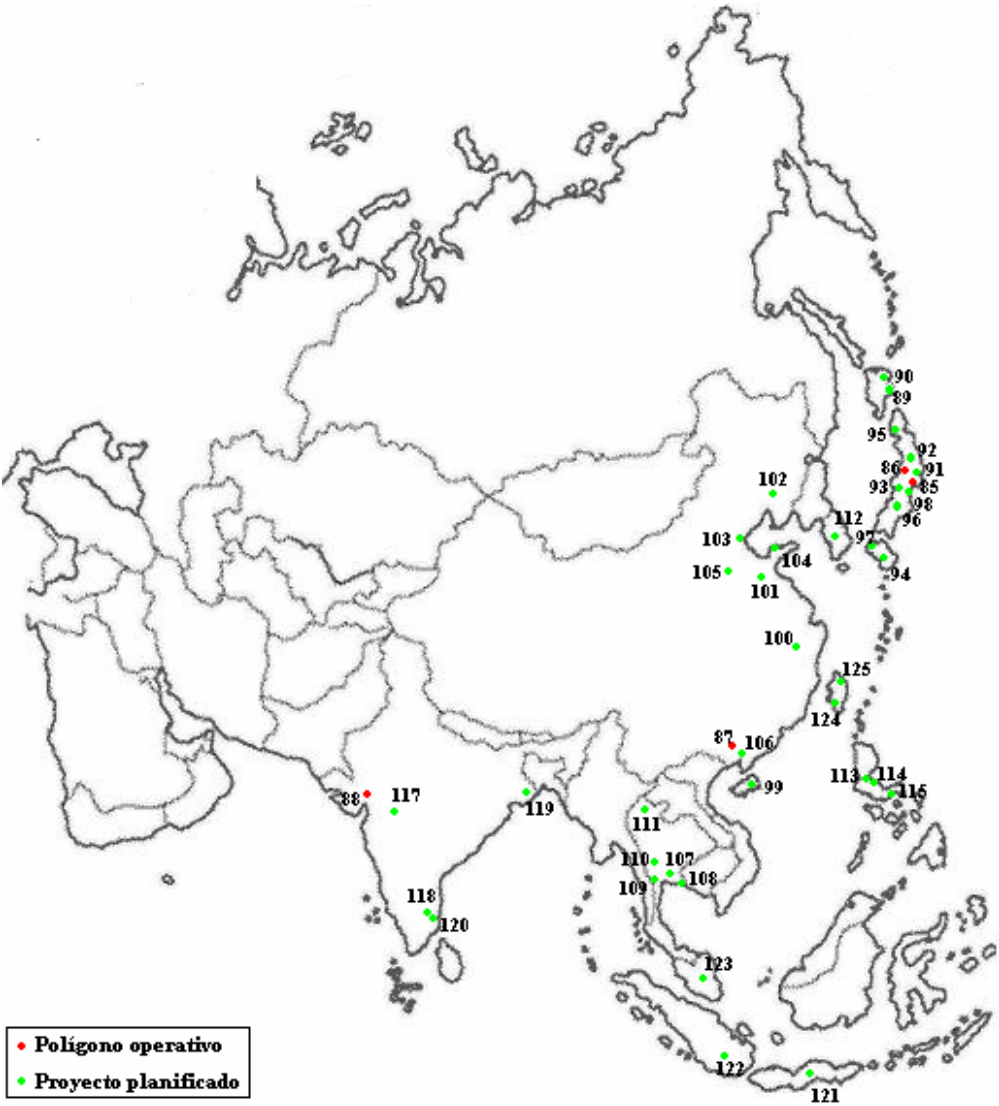


Fig. 6 – Distribución de los PEI en Asia

2.2.4 África

Los cuatro polígonos eco – industriales localizados en África, descritos en la **Tabla 9** y representados en la **Fig. 7**, aún se encuentran en fase de planificación.

Ref.	Nombre del polígono	Localización	Fuente
<i>Polígonos planificados</i>			
126	ChemCity (<i>Planificado</i>)	Sudáfrica	[15]
127	Tsumeb (<i>Planificado</i>)	Namibia	[15]
128	Helwan Industrial Site (<i>Planificado</i>)	Egipto	[15]
129	Willowale Industrial Zone (<i>Planificado</i>)	Zimbabwe	[15]

Tabla 9 – Polígonos industriales sostenibles en África

Basado en la revisión bibliográfica realizada, se puede extraer que existe poca información respecto al desarrollo de iniciativas sobre polígonos industriales sostenibles. Cabe destacar el ecoparque de Chemcity planificado en Sudáfrica, en el que se agrupan distintos tipos de industrias químicas. El resto de proyectos en el continente africano están basados en potenciar el intercambio de materiales y energía entre las empresas del sector agropecuario.

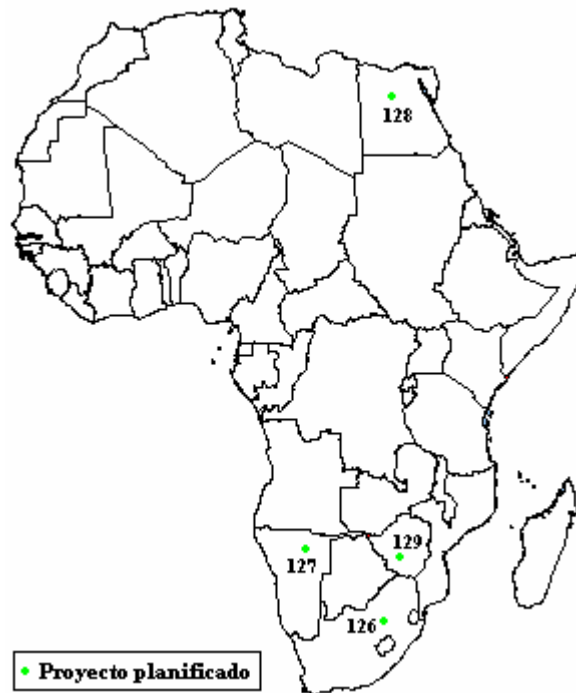


Fig. 7 – Distribución de los PEI en África

2.2.5 Oceanía

Los cuatro polígonos eco – industriales localizados en Oceanía, descritos en la **Tabla 10** y representados en la **Fig. 8**, aún se encuentran en fase de planificación

Ref.	Nombre del polígono	Localización	Fuente
<i>Polígonos planificados</i>			
130	Hope Valley-Wattleup (<i>Planificado</i>)	Australia	[32]
131	Suva (<i>Planificado</i>)	Islas Fiji	[15]
132	Synergy Park at Carole Park (<i>Planificado</i>)	Australia	[25]
133	Shenton Sustainability Park (<i>Planificado</i>)	Australia	[33]

Tabla 10 – Polígonos industriales sostenibles en Oceanía

Los proyectos de planificación de parques eco – industriales en Oceanía se desarrollan en polígonos industriales ya existentes (Carole Park) [34] o a través de la implantación de pequeñas y medianas industrias que puedan aprovechar los recursos que desechan otras grandes ya implantadas. Este último caso se corresponde con el de Shenton Sustainability Park [33]. En esta zona existen dos grandes empresas; una planta de tratamiento de aguas y una gestora de residuos. Ambas generan lodos que pueden ser utilizados en la agricultura, jardines domésticos, campos de golf... es decir, se está potenciando una red de intercambio de materiales. Una situación completamente diferente es la de las Islas Fiji, en donde se trata de

crear una red de intercambio de materiales a través de micro – empresas. En vez de contar con una gran empresa, que sea la principal productora de la corriente residual, la red de intercambio se desarrolla entre pequeñas empresas, debido a que, según el estudio [35], esta manera de actuar será más favorable para el desarrollo de la zona.

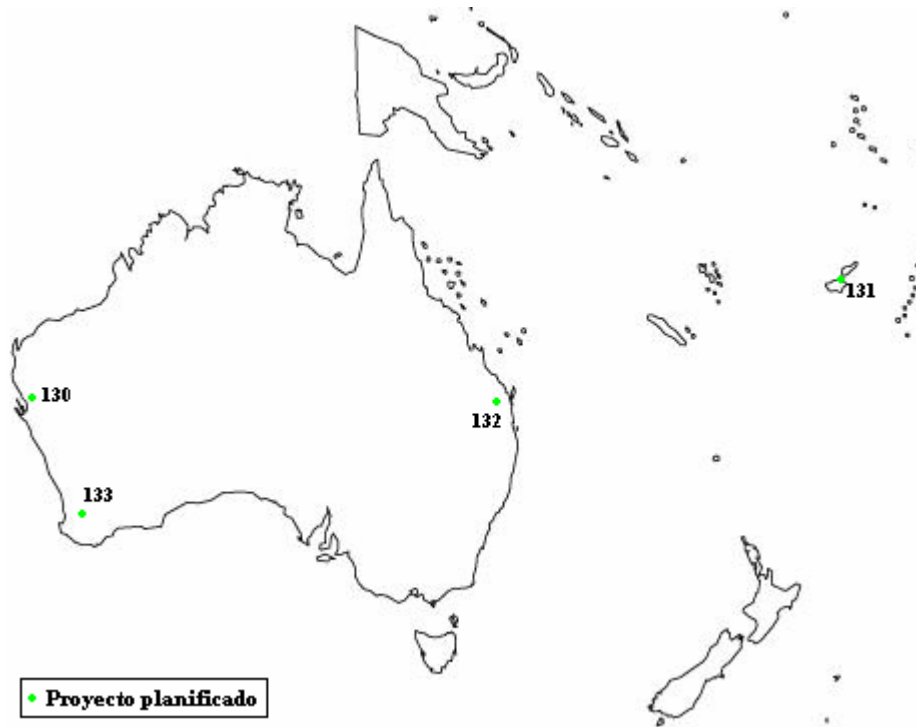


Fig. 8 – Distribución de los PEI en Oceanía

3 CONCLUSIONES

Existen diferentes niveles de actuación en la aplicación de los conceptos de la ecología industrial, aunque el grado de implantación de estas ideas es aún escaso. Para el caso concreto del diseño e implantación de polígonos industriales sostenibles, esta situación queda reflejada en la ausencia de una normativa ambiental aplicable al conjunto de empresas que constituyen un polígono. No obstante lo anterior, existen varias directrices y estrategias obtenidas a partir de la experiencia, que se pueden tomar de referencia en la implementación de un polígono industrial sostenible en una zona industrial existente o de nueva creación.

A nivel mundial existen numerosos centros e instituciones, especialmente en los países desarrollados, que poseen líneas de investigación sobre diversos ámbitos de la ecología industrial y concretamente en el desarrollo de los polígonos industriales sostenibles. Actualmente, se observa que estas instituciones trabajan en colaboración con países en vías de desarrollo para implementar los resultados de la investigación y experiencias previas impulsoras de una industrialización sostenible en los nuevos mercados emergentes. En España también existen algunas iniciativas en organizaciones institucionales.

En general, los datos referentes al desarrollo de iniciativas de implantación de polígonos eco-industriales muestran que este campo de actuación se encuentra en fase de desarrollo temprana, dado que más de la mitad de los polígonos estudiados en este trabajo aún

se encuentran en fase de planificación. Las principales áreas de localización de estas iniciativas son Europa Occidental, América del Norte y Asia Oriental.

Los principales elementos de actuación para el diseño de estas áreas son el planeamiento urbanístico, la construcción, los sistemas productivos y la gestión medioambiental, si bien una característica común y predominante en la mayoría de los proyectos descritos es el planteamiento del polígono como una red de intercambio de materiales y energía entre los sistemas productivos constituyentes.

Finalmente, este trabajo ha permitido obtener las principales tendencias y variables influyentes en la concepción y diseño de los parques industriales sostenibles a nivel mundial que sirven de base para realizar una investigación de detalle adaptada a la situación socio-económica nacional.

REFERENCIAS

- [1] Heredia, R.; “Arquitectura y urbanismo industrial. Diseño y construcción de plantas, edificios y polígonos industriales”. Madrid (España): Universidad Politécnica, E.T.S.I.I., D.L., 1981. ISBN 84 – 7484 – 017 – 1.
- [2] Informe Brundtland (Comisión Mundial de Medioambiente y Desarrollo, 1987).
- [3] Lowe, E.A.; “Eco-Industrial Park Handbook for Asian Developing Countries”. Oakland, CA (USA): Environment Department. Indigo Development, 2001. Disponible en <<http://indigodev.com/ADBHBdownloads.html>>.
- [4] United Nations Environment Programme (UNEP) “The Environmental Management of Industrial Estates”. Industry and Development Technical Report no.39, Paris, 1997
- [5] <http://www.epe.be/workbooks/sourcebook/3,8.html>
- [6] <http://www.palme.asso.fr>
- [7] Côté, R. P.; Cohen-Rosenthal, E. Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences. *Journal of Cleaner Production* 6 (1998) 181-188.
- [8] Heeres, R.R.; Vermeulen, W.J.V.; Walle, F.B. Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 985-995.
- [9] Harper, E.M.; Graedel, T.E. Industrial ecology: a teenager’s progress. *Technology in Society* 26 (2004) 433-445.
- [10] Potts Carr, A.J. Choctaw Eco-Industrial Park: an ecological approach to industrial land-use planning and design. *Landscape and Urban Planning* 42 (1998) 239-257.
- [11] Gibbs, D.; Deutz, P.; Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA. *Geoforum Article in Press*.
- [12] Desrochers, P. Industrial symbiosis: the case for market coordination. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 1099-1110.
- [13] Sterr, T.; Ott, T. The industrial region as a promising unit for eco-industrial development-reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 947-965.
- [14] <http://www.ecopadev.net>
- [15] <http://www.wiram.de/toolkit/Downloads/etc-11.pdf>
- [16] Lambert, A.J.D.; Boons, F.A. Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. *Technovation* 22 (2002) 471-484.

- [17] Murat, M. Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: determinants and coordination challenges. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 967-983.
- [18] http://antalya.uab.es/_c_ceambientals/XTEI/membres_es.htm
- [19] Zhu, Q.; Cote, R.P. Integrating green supply chain management into an embryonic eco-industrial development: a case study of the Guitang Group. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 1025-1035.
- [20] Chiu, A.S.F. Eco industrial park development: initiatives in Asia Pacific. De La Salle University Manila. The First International Environmental Symposium for Eco – Polis Ulsan. Noviembre 2004.
- [21] Chiu, A.S.F.; Yong, G. On the industrial ecology potential in Asian Developing Countries. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 1037-1045.
- [22] Oh, D.S.; Kim, K.B. Eco-Industrial Park Design: a Daedeok Technovalley case study. *Habitat International* 28 (2005) 268-284.
- [23] Singhal, S.; Kapur, A. Industrial estate planning and management in India-Dian integrates approach towards industrial ecology. *Journal of Environmental Management* (2002) 66, 19-29.
- [24] <http://www.iimcal.ac.in/index.asp>
- [25] Roberts, B.H. The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study. *Journal of Cleaner Production* 12 (2004) 997-1010.
- [26] <http://www.hull.ac.uk/geog/research/EcoInd/index.html>
- [27] <http://200.14.206.180/pie/guia.pdf>
- [28] Eilering, J.A.M.; Vermeulen, W.J.V. Eco-industrial parks: toward industrial symbiosis and utility sharing in practice. *Progress in Industrial Ecology*, Vol. 1, Nos. 1/2/3, 2004.
- [29] http://www.aranea.or.kr/eip/casestudy/images/mbis_Kalundborg.gif
- [30] <http://www.chinacp.com/eng/cpconfer/iccp01/iccp20.html>
- [31] <http://www.zerisa.org>
- [32] http://www.hassell.com.au/projects/proj67_1.html
- [33] http://www.wistp.murdoch.edu.au/publications/e_public/Hope4future/cstudies/industryandtechnology/shentonsustainabilitypark/shentonpark.htm
- [34] Tarong Energy Corporation Limited “Tarong Energy Annual Report 1998/99”.
- [35] Alexander, D. et al. Food Cycling Within New Haven. Connecticut Creating Opportunities for Economic, Civic, and Environmental Progress Through Industrial Symbiosis. 2001.