



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESAS
MÁSTER EN DIRECCIÓN DE EMPRESAS
TRABAJO FINAL DE MÁSTER

**QUÍMICA CIRCULAR EN TARRAGONA: ANÁLISIS DE
LA ALINEACIÓN ESTRATÉGICA Y EL POTENCIAL DE
SIMBIOSIS INDUSTRIAL EN EL MARCO
REGULATORIO ACTUAL**

PREPARADO POR: HELEN SALAZAR
TUTORIZADO POR: DRA. ERCILIA GARCÍA.
DR. JOAN JOSEP CARVAJAL.

REUS, 08 DE JUNIO DE 2018.

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios antes que todo, por darme salud y fortaleza.

Doy gracias a mi amada familia, sin la fuerza y el apoyo de ellos, este logro no hubiera sido posible: a mi madre Migdalia, a mi padre Ramón, a mi hermana Laura, mi cuñado Felipe y mi sobrino Adrian, sin ellos imposible haberlo logrado. A mis hijos Juan Andres y Lucia por su paciencia y a mi amado esposo Juan Carlos por su comprensión.

Quiero dar un especial agradecimiento a la Dra. Mireia Valverde y a la Dra. Ana Beatriz Hernandez, por sus consejos en el momento oportuno. A mi tutor Joan Josep Carvajal, y muy especialmente a la Dra. Ecilia Garcia, por tenerme confianza y haber compartido esta tarea de un tema de investigación que me ha encantado a lo largo del desarrollo del trabajo, y esperemos poder llevarlo a un paso más, en el Doctorado.

RESUMEN

La economía circular es un concepto ampliamente discutido en la actualidad dentro de la Unión Europea y particularmente este año 2018 en España, motivado por la exposición pública del borrador del marco estratégico denominado *España Circular 2030*, en donde el Gobierno Español propone un marco con 70 directrices formuladas, con la finalidad de profundizar el cambio de la economía lineal a la economía circular. Por medio del desarrollo de este Trabajo de Fin de Master, se pretende analizar si la propuesta *España Circular 2030*, se encuentra alineada con las estrategias industriales de las empresas del sector químico. Así, tomando en cuenta el nuevo modelo de Economía Circular, se analiza el potencial tecnológico de transferencia entre las compañías, lo cual conduce a verificar como se ha desarrollado la estrategia de simbiosis industrial dentro de la industria química y por último identificar las barreras técnicas y legales que puedan limitar la inversión en nuevas tecnologías emergentes para las empresas, evaluando los agentes que permitan el cambio hacia el modelo de Economía Circular a través del nuevo marco legal. Conociéndose la economía lineal como el modelo determinado por el proceso de tomar los recursos, usarlos o procesarlos y disponerlos como residuo. La economía circular simula el comportamiento de ecosistemas biológicos de la naturaleza que impulsa el uso de recursos secundarios, los procesa, reusa/recicla, asegurando la colocación de subproductos dentro del mercado y maximizando el reúso de materia que pudo ser dispuesta como desecho dentro del mismo proceso. La economía circular vista como modelo de gestión organizacional dentro de las empresas permite promover mejoras de sostenibilidad ambiental y beneficio económico. Con el propósito de ir a un paso por delante de la economía circular se incluye el concepto de simbiosis industrial, que supone la interrelación de las empresas que se encuentran ubicadas en una posición cercana y que permiten tener procesos de colaboración entre ellas, permitiendo intercambiar recursos que en un modelo de economía lineal tendrían como disposición final vertederos. Dentro del parque industrial de Tarragona se identifica un gran potencial para el desarrollo y profundización del modelo de gestión empresarial basado en la economía circular y en la simbiosis industrial a través del análisis empírico de carácter exploratorio de dos casos de empresas de este territorio. El trabajo de campo y el análisis de la documentación facilitada reveló las características generales del sector químico y específicas de las empresas respecto tanto a los modelos de economía circular como de la simbiosis industrial. A su vez, se establecieron diferencias sobre cómo se ven favorecidas las industrias de menor tamaño en la implementación de la simbiosis industrial, y los beneficios del desempeño de la economía circular en la industria cuando se dispone de diseños optimizados que establezcan una definición clara tanto de uso como de estrategia comercial. La investigación ha revelado que actualmente se encuentran las condiciones necesarias tanto para implementar la economía circular como para el desarrollo de la Simbiosis Industrial en el sector químico. Finalmente, se verificó que, aunque *el Plan España Circular 2030*, está alineado con los objetivos estratégicos de la industria, falta información respecto a su implementación, por lo que deberían impulsarse las acciones de este marco legal, y realmente promoverlo y ejecutarlo por parte de las administraciones responsables para poder tener los resultados esperados en el tiempo pronosticado.

Palabras Clave: Economía Circular, Simbiosis Industrial, Plan Estratégico, España Circular.

TABLA DE CONTENIDO

Introducción.....	5
Objetivos.....	7
Revisión De Literatura.....	8
Ecología Industrial.....	8
Economía Circular.....	9
Simbiosis Industrial Y Parques Eco Industriales.....	13
Plan Estratégico Del Gobierno Español: <i>España Circular 2030</i>	16
Objetivos Estratégicos Establecidos En Propuesta España Circular 2030.....	18
Plan De Acción 2018-2020: Marco Temporal Del Plan De Acción.....	19
Resumen De Revisión De Literatura.....	22
Metodología.....	31
Delimitación Del Estudio.....	32
Fuentes De Datos.....	34
Revisión De Literatura.....	34
Cronograma De Trabajo.....	41
Resultados.....	42
Industria A.....	44
Industria B.....	52
Discusión.....	59
Conclusiones.....	71
Limitaciones Del Estudio Y Futuras Investigaciones.....	73
Referencias Bibliográficas.....	74
Referencias Páginas Web.....	77

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de Revisión de literatura.	24
Tabla 2. Preguntas semi estructuradas: Descripción de la Industria.	37
Tabla 3. Preguntas semi estructuradas: Plan Estratégico.	38
Tabla 4. Preguntas semi estructuradas: Simbiosis Industrial.	39
Tabla 5. Preguntas semi estructuradas: Auto análisis del Entrevistado.	40
Tabla 6. Cronograma de trabajo.	41
Tabla 7. Industrias químicas asociadas a AEQT.	43
Tabla 8. Productos obtenidos en la Planta Norte de Producción de Olefinas.	45
Tabla 9. Productos obtenidos en la Planta Sur de Producción de Derivados de Etileno.	45
Tabla 10. Corrientes Planta Productora de Gases.	52
Tabla 11. Corrientes Planta Productora de Hidrógeno.	53
Tabla 12. Impulsores y barreras de la simbiosis industrial.	66

INTRODUCCIÓN

En el marco regulatorio actual de España se encuentra actualmente la economía circular como uno de los temas de interés, debido a la emisión del borrador *España Circular 2030*, para revisión de los organismos públicos y privados relacionados con el tema.

Como producto fundamental de este documento se tiene la propuesta de 70 medidas a ser implementadas por las industrias con la finalidad de dar el salto desde la actuación de economía lineal a la economía circular. La economía lineal viene dada por la siguiente ruta: extracción de materia prima, producción, distribución, consumo y generación de residuos; en el modelo de economía lineal no se tienen presentes los conceptos del uso de materia prima procedentes de procesos de segunda mano, reúso de los subproductos en los procesos y reciclaje de las corrientes residuales. Teóricamente para poder vivir con procesos industriales basados en la Economía Lineal, se requeriría un planeta con infinitos recursos naturales. Esta premisa se volvió creíble argumentando que los desarrollos técnicos y científicos permitirían la eliminación de cualquier forma de escasez, con el descubrimiento de nuevos recursos que pudieran reemplazar los ya escasos (Bermejo, 2014, p.270).

A través del análisis de las interrelaciones entre los sistemas económicos y naturales, se propuso un flujo de materiales cerrado en la economía, dando así lugar al término de cerrar el ciclo, que por último fue llamado Economía Circular (Su, Heshmati, Geng, & Yu, 2013, p.215). Bermejo (2014), explica que para construir la Economía Circular es necesario que las sociedades imiten el comportamiento de los ecosistemas, tomándolo como su guía principal. Esto significa: construcción descentralizada de sistemas de producción, cambio de diseño de productos, crear infraestructura capaz de reciclar los productos (Bermejo, 2014, p.289).

Para poder lograr el objetivo se requiere aplicar herramientas severas: implementar una reforma fiscal ecológica y fortalecer las empresas dedicadas al reciclaje. El concepto de economía circular tiene sus bases en la llamada ecología biológica tradicional, que se define como el estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos (Jelinski, Graedel, Laudise, McCall, & Patel, 1992, p.793).

Por medio del desarrollo de este Trabajo de Fin de Master, se pretende analizar si la propuesta España Circular 2030, se encuentra alineada con las estrategias industriales de las empresas tomando en cuenta el nuevo modelo de economía circular, analizar el potencial tecnológico de transferencia entre las compañías, lo cual conlleva a verificar como se ha desarrollado la estrategia de simbiosis industrial dentro de la industria química y por último identificar las barreras técnicas y legales que puedan limitar la inversión en nuevas tecnologías emergentes para las empresas, evaluando los agentes que permitan el cambio hacia el modelo de Economía Circular a través del nuevo marco legal.

Una estrategia para avanzar de una economía lineal a una economía circular es la implementación de la simbiosis industrial. Entendida como una forma colaborativa de gestionar la cadena de suministro con el objetivo de hacer una industria más sostenible y obtener beneficios colectivos basados en la utilización de desechos, sub-productos, servicios industriales en exceso entre industrias económicamente independientes. La simbiosis industrial es un concepto basado en la idea de ecosistemas industriales, que establecen relaciones simbióticas entre industrias independientes y típicamente cercanas con respecto a su ubicación geográfica (Herczeg, Akkerman, & Hauschild, 2018, p.1058). De esta forma el consumo de materiales y energía es optimizado, y los subproductos sirven como materia prima de otras industrias, reduciendo la disposición de desechos y pérdidas de recursos (Frosch, 1992, p.800). El propósito de la simbiosis industrial es obtener beneficios en diferentes dimensiones: económicas, ambientales y sociales.

Motivado a todos estos antecedentes por un lado, la problemática de la disponibilidad de recursos naturales y de preservación de la especie humana en el planeta, y por otro lado con un plan normativo que favorece la implementación de los modelos de gestión de economía circular y simbiosis industrial, surge la necesidad empírica de verificar la acogida de estos sistemas en el sector químico. Así, mediante datos facilitados por la Federación de Industria Química Española se ha podido determinar la distribución de las industrias en España, identificándose que en Cataluña se encuentra el 44% del parque industrial del país. Por lo tanto, el parque industrial de Tarragona se configura como campo de estudio relevante para plantear este trabajo empírico exploratorio.

Finalmente, se revisó la literatura centrada en los conceptos de economía circular, simbiosis industrial y ecología industrial, verificando su extensión con respecto al contexto internacional en general y el español en particular; y por otro lado se realizó análisis empírico de carácter exploratorio de dos casos de empresas del parque industrial de Tarragona.

OBJETIVOS

La industria química es uno de los sectores más dinámicos y productivos dentro de la industria en España, cuyos productos están integrados dentro de la cadena de valor del sector industrial y el mercado consumidor.

En este contexto este Trabajo de Fin de Master propone ejecutar una investigación exploratoria que permita identificar los siguientes aspectos de la industria química:

1. Analizar si la propuesta España Circular 2030, está alineada con las estrategias industriales de las empresas, tomando en cuenta el nuevo modelo de Economía Circular. Revisar y analizar este marco en compañías que ya estén trabajando con este modelo y otras que no se hayan incorporado aún.
2. Analizar el potencial tecnológico de transferencia entre las compañías, lo cual conlleve, a verificar como se ha desarrollado la estrategia de Simbiosis Industrial dentro de la industria química. Determinar cómo puede ser mejorada la competitividad en empresas en las que se identifiquen nuevas oportunidades de negocio tomando parte de la Economía Circular usando la simbiosis industrial.
3. Identificar las barreras técnicas y legales que puedan limitar la inversión en nuevas tecnologías emergentes para las empresas. Por otro lado, evaluar los agentes que permitan realizar el cambio hacia el modelo de Economía Circular a través del nuevo marco legal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Este capítulo presenta la revisión de literatura analizada para responder las interrogantes planteadas dentro de los objetivos de investigación propuestos anteriormente.

En el marco regulatorio actual de España, se encuentra la economía circular como uno de los temas de interés, debido a la emisión del plan estratégico en borrador para revisión de los organismos públicos y privados relacionados con el tema.

Durante la revisión de bibliográfica se evidenció que el pilar fundamental para llegar al concepto de economía circular viene introducido por los conceptos básicos de Ecología Industrial; de este principio de simular los ecosistemas biológicos nace el desarrollo de la economía circular. A continuación, presentan los conceptos básicos desarrollados en este trabajo, iniciando con los fundamentos de Ecología Industrial.

ECOLOGÍA INDUSTRIAL.

La Ecología Biológica tradicional se define como el estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos (Jelinski et al., 1992, p.793). La relación entre el concepto de la Ecología Biológica Tradicional y las actividades industriales han sido discutidas por Frosch y Gallopoulos (Frosch, R. A. & Gallopoulos, N., artículo presentado a la Royal Society, London, February 21, 1990.): “en los ecosistemas biológicos, algunos organismos usan la luz del sol, agua y minerales para crecer, mientras que otros consumen o primero, viven o mueren, con minerales y gases y producen sus desechos. Estos desechos son transformados en comida o alimentos para otros organismos, de los cuales estos desechos se convierten en minerales dados por los productores primario, y alguno de ellos se consumen unos a otros en un proceso complejo en donde cada cosa producida es usada por los organismos para su propio metabolismo. De igual forma en los Eco-Sistemas Industriales, cada sistema y red debe verse de forma dependiente e interrelacionado como parte de un gran todo. La analogía entre el concepto de ecosistema Industrial y el Ecosistema Biológico no es perfecta, pero mucho puede ser ganado si el sistema industrial repite las características de su analogía biológica.” (Chertow & Park, 2015, p.89).

La ecología industrial es el estudio del flujo de materiales y energía en industrias y actividades de consumo, de los efectos de esos flujos sobre el ambiente y de las influencias económicas, políticas, regulatorias, y factores sociales sobre el flujo, uso y transformación de los recursos, (White, 1994 via Graedel, T.E; Lifset, 2015), p. 6).Esta definición permanece 20 años después, sin embargo, se ha propuesto una definición más profunda, en donde se plantea que la ecología industrial es el significado mediante el cual, la humanidad puede deliberadamente y racionalmente enfocar y mantener la sostenibilidad, manteniendo el beneficio económico, cultural y evolución tecnológica; este concepto implica que el sistema industrial sea visto no solamente de una forma aislada, sino de forma cooperativa con los demás sistemas. Es un sistema que busca optimizar el ciclo de los materiales vírgenes a ser materiales finales, componentes, productos, productos obsoletos, hasta su última disposición Graedel, T.E; Lifset, 2015).

Por último como uno de las últimas definiciones de ecología industrial se tiene como la ciencia detrás de la sostenibilidad, casi disminuyendo el enfoque industrial por el planetario (Makov 2014 via Graedel, T.E; Lifset, 2015, p. 6).

El objetivo primordial de la Ecología Industrial debe ser principalmente el establecimiento de sistemas industriales cíclicos que minimizan el uso de materiales y producción de desechos. Esto proporciona una base para pensar acerca de los diferentes tipos de vía para conectar los procesos de producción de desechos, plantas o industrias que operan de una forma de disminuir la cantidad total de materiales industriales que son dispuestas en vertederos y drenajes, o que se pierden en procesos intermedios. Esta es la base del Simbiosis Industrial, aunque en otros términos utilizados se propone cerrar el ciclo (Gibbs & Deutz, 2007, p.1684).

El término de ecología industrial dibuja una analogía entre los sistemas industriales y ecosistemas naturales, y es encontrado basado en la sugerencia de entender y aplicar que puede ser aprendido de los sistemas naturales que nos ayudaran a diseñar sistemas industriales más sostenibles (Graedel, Allenby, & Linhart, 1993, p.19).

ECONOMÍA CIRCULAR

Actualmente el mundo vive un período de escasez de recursos naturales renovables y no renovables; con la finalidad de poder prolongar la vida en el planeta se requiere realizar un cambio de conciencia en todos los que habitamos en él (Bermejo, 2014, p.270).

El modelo de Economía Lineal, viene dado por la siguiente ruta:

- Extracción de Materia Prima.
- Producción.
- Distribución.
- Consumo.
- Generación de Residuos.

En el Modelo de Economía Lineal no se tienen presentes los conceptos del uso de materia prima procedentes de procesos de segunda mano, reúso de los subproductos en los procesos y reciclaje de las corrientes residuales. Teóricamente para poder vivir con procesos industriales basados en la Economía Lineal, se requeriría un planeta con infinitos recursos naturales. Esta premisa se volvió creíble argumentando que los desarrollos técnicos y científicos permitirían la eliminación de cualquier forma de escasez, con el descubrimiento de nuevos recursos que pudieran reemplazar los ya escasos y finalmente la des-materialización de la economía. (Bermejo, 2014, p.270).

A través de todo este análisis de las interrelaciones entre los sistemas económicos y naturales, se propuso un flujo de materiales cerrado en la economía, dando así lugar al término de cerrar el ciclo, que por último fue llamado Economía Circular (Su et al., 2013, p.215).

De acuerdo a la Fundación Ellen MacArthur la Economía Circular puede definirse como un sistema industrial que es reconstituyente o regenerativo por intención y diseño. Se reemplaza el concepto de fin de ciclo de vida de los materiales con la reconstitución, pasando así hacia el uso de energía renovable, elimina el uso de químicos tóxicos que perjudica su reutilización y retorno a la biosfera; adicionalmente se ve fomentado la eliminación del desecho a través de diseños superiores de materiales, productos, sistemas y modelos de negocios.¹

Las dimensiones económicas, sociales y ambientales deben ser consideradas en este modelo. Con respecto al modelo económico, este contribuye de forma considerable a la competitividad regional y domestica a través del incremento de la efectividad de la localización, utilización y productividad del recurso. Desde el punto de vista ambiental, reduce las condiciones externas negativas principalmente mediante el rediseño de la estructura industrial desde un punto de vista ecológico. Socialmente, crea oportunidades de empleo, distribución equitativa del crecimiento económico (Su et al., 2013, p.215). Los resultados evidencian que la Economía Circular está principalmente direccionada dentro de la economía ecológica y de ambiente y en ecología industrial. (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016, p.12)

- ***Principios de la economía circular.***

Bermejo 2014 explica que para construir la Economía Circular es necesario que las sociedades imiten el comportamiento de los ecosistemas, tomándolo como su guía principal (Bermejo, 2014). Esto significa:

- Construcción descentralizada de sistemas de producción.
- Cambio de diseño de productos.
- Crear infraestructura capaz de reciclar los productos.

Para poder realizar esto se requiere aplicar herramientas severas:

- Implementar una reforma fiscal ecológica.
- Fortalecer las empresas dedicadas a reciclaje.

Resumiendo lo que se ha descrito hasta ahora, el requerimiento de sostenibilidad en mantener el estatus de recursos como recursos, que significa reemplazar el concepto tradicional de “cuna-a-tumba” por “cuna-a-cuna”. Esto significa imitar la naturaleza; la definición “cuna-a-cuna” define el marco para diseñar productos y procesos industriales que cambien de materiales a nutrientes, permitiendo establecer un flujo perpetuo dentro de uno de los metabolismos: metabolismo biológico y metabolismo técnico. Por último, esto significa cambiar el enfoque tradicional de producción. (Geng and Coté 2002: 336).

¹ <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/>

- ***Pilares fundamentales de la economía circular: 3r (reducción, reuso y reciclaje).***

Con la finalidad de implementar la Economía circular los principios de las 3R (Reducción, Reúso y Reciclaje) se han incorporado en la producción y el consumo, debido a que el flujo de materia y energía penetra en ambas áreas. (Zhu and Qiu, 2007).

- La Reducción se refiere a minimizar la entrada de energía primaria y materia prima a través de las mejoras en la eficiencia de producción. Así como también para los consumidores se debe promover una forma de consumo más modesta.
- El Reúso sugiere usar los subproductos y desechos como recursos en los diferentes tipos de industria. Adicionalmente, también se refiere al usar los productos hasta alcanzar su capacidad máxima, a través del mantenimiento frecuente y prolongación de su vida útil.
- El reciclaje promueve procesar materiales reciclados y transformarlos en nuevos productos, con la finalidad que el uso de materia prima virgen sea reducido.

Estos principios, como parte del proceso completo, tienen diferentes jerarquías de importancia, la reducción de los recursos usados es el principio primordial dentro de la Economía Circular. (Su et al., 2013).

- ***Impulsores actuales de la economía circular: implicaciones de investigación e innovación.***

Basado en la investigación de Zuin, (2016) se ha estimado que la economía circular puede ofrecer una oportunidad de ahorrar material con costos entre 340 a 380 Billones de Dólares Americanos por año en el nivel en el que se encuentra la Unión Europea actualmente (período de transición); para el caso de un escenario con un contexto más avanzado los ahorros estarían considerados entre 520 a 630 Billones de Dólares Americanos por año, solo usando actividades de ciclo reverso (Zuin, 2016, p.41).

Como respuesta, la Unión Europea lanzó un plan de acción para ayudar a los negocios europeos y a las personas en general para hacer la transición hacia una economía circular avanzada, cuyo objetivo es contribuir a cerrar el círculo de los ciclos de vida de los productos, y por otro lado impulsar la competitividad y la generación de empleos. El paquete de la Unión Europea recibirá apoyo substancial como soporte, desde fondos estructurales y de inversión europeos. De los cuales 6.2 billones de Dólares Americanos de fondos estructurales están direccionados para el manejo de desechos e inversiones en economía circular a nivel nacional. Adicionalmente, y de manera más importante, se tienen destinados 725 Millones de Dólares Americanos de *Horizon 2020*, que es una fundación de la Unión Europea con fondos para programas de Investigación e Innovación (Zuin, 2016, p.41).

Igualmente se estima que la creación de empleo represente en torno a 580.000 puesto de trabajo asociados al nuevo modelo, de los cuales 30% está asociado al pleno

cumplimiento de la normativa comunitaria en materia de residuos, pero también asociados a la eco-innovación.²

Con la finalidad de dar aporte dentro de los principios de las 3R's, se pueden tomar en consideración las siguientes acciones, siguiendo a Zuin, (2016):

- Desarrollar patrones de calidad para la obtención de materia prima, con la finalidad de ganar confianza en el mercado.
- Planificar acciones en eco-diseño, para mejorar los factores de reparabilidad, durabilidad, reciclabilidad de productos y eficiencia de energía.
- Establecer estrategias que consideren los plásticos, y direcciones las acciones de reciclabilidad, biodegradabilidad y reducción de uso de sustancias tóxicas, que contribuyan significativamente a minimizar los desechos de plásticos en los ambientes marinos.
- Promover un número de acciones concernientes al reúso del agua, incluyendo propuestas legislativas que den referencia a los requerimientos mínimos de reúso de agua de desecho.

Revisar las regulaciones concernientes a fertilizantes, con el objetivo de promover el reconocimiento orgánico con la finalidad de soportar el rol de bio-nutrientes. Lo emergente y el establecimiento de los conceptos innovadores, basados en lo circular y el enfoque de bio-economía, permite generar nuevos métodos, productos y servicios, que han sido transformados no solo en una investigación amplia, sino también en industrias y mercados. Desde un punto de vista de la ciencia química, el reúso continuado de subproductos es considerado un tópico de importancia, generando diseños de materiales o energías renovables, cuya función y durabilidad son decididas previamente, antes de producirlas. La idea del producto no es basada en el consumidor como un dueño final, sino más bien como un alquiler, arrendamiento o negocio compartido.

Este nuevo modelo circular, es una gran oportunidad para integrar sistemas usando fuentes biológicas y maximizando el valor creado soportado en grupos de investigación interdisciplinarios. Esta novedad demandará una nueva vía de pensamiento y acciones colaborativas, con el objetivo de entender las oportunidades y desafíos asociados con la química y sus continuos cambios de interfaces. De acuerdo a Cooper et al., (2017) se obtendrían cambios en el consumo de energía a nivel global con reducciones similares a nivel global y de Unión Europea entre 5 y 9%. La reducción equivalente en energía disipada debido a la actividad económica abarca entre valores de 6 y 11% a nivel global y Unión Europea, todo esto posible a través del establecimiento del ahorro energético (Cooper et al., 2017, p.1361).

² La información del plan estratégico fue tomada del borrador España Circular 2030: <http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=25675460-51d5-487d-8b78-9388f20aa763>

SIMBIOSIS INDUSTRIAL Y PARQUES ECO INDUSTRIALES

Un parque Eco-Industrial está compuesto por un número de instancias de Simbiosis Industrial, que permite el intercambio de energía y material entre las diferentes empresas, que se pueden denominar actores individuales. (Kuznetsova, Zio, & Farel, 2016, p.309).

La Simbiosis Industrial es un concepto basado en la idea de ecosistemas industriales, que establecen relaciones simbióticas entre industrias independientes y típicamente cerca con respecto a su ubicación geográfica (Chertow, 2000). De esta forma el consumo de materiales y energía es optimizado, y los subproductos sirven como materia prima de otras industrias, reduciendo la disposición de desechos y pérdidas de recursos (Frosch, 1992).

Una estrategia para avanzar de una Economía Lineal a Economía Circular es la implementación de la Simbiosis Industrial. Es una forma colaborativa de dirigir la cadena de suministro con el objetivo de hacer una industria más sostenible y obtener beneficios colectivos basados en la utilización de desechos, sub-productos, servicios industriales en exceso entre industrias económicamente independientes (Herczeg et al., 2018, p.1058).

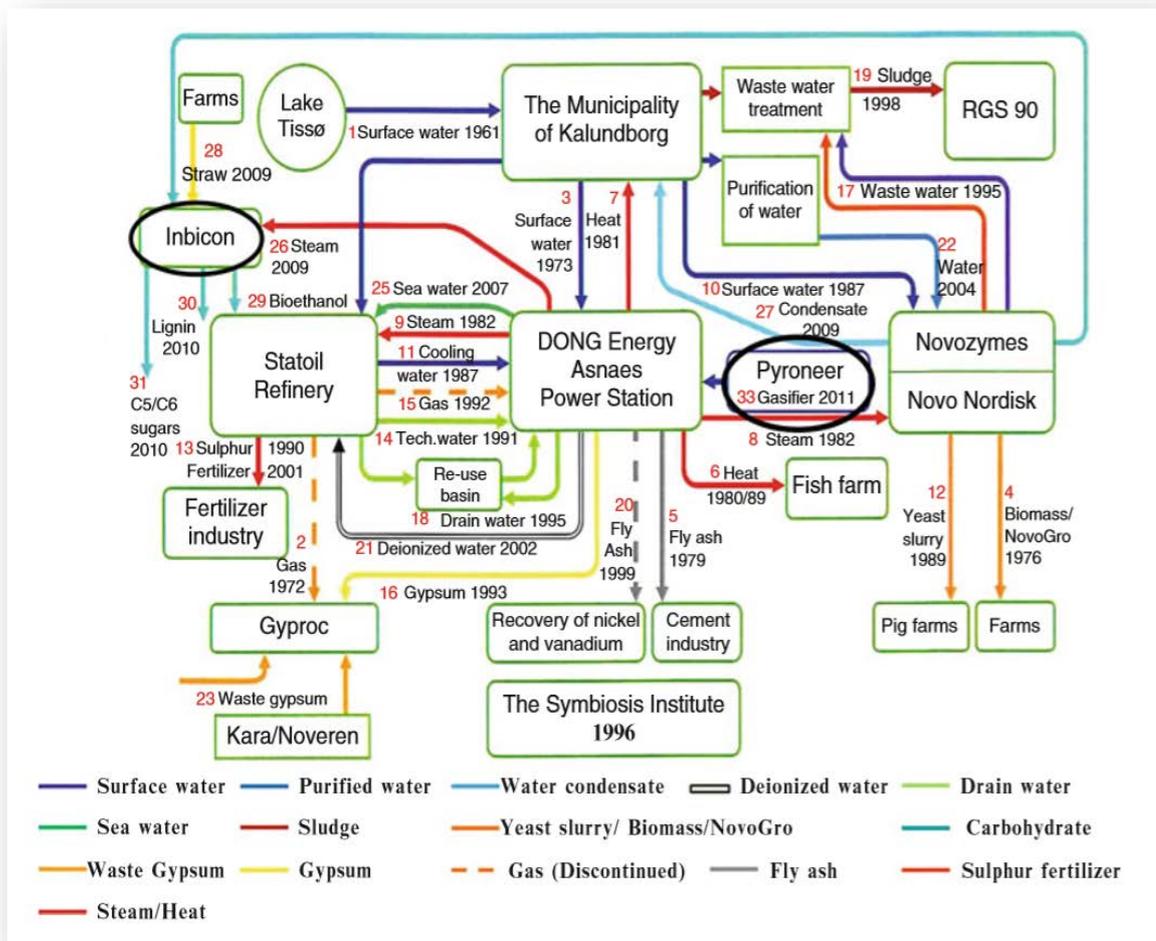
El propósito de la Simbiosis Industrial es obtener beneficios en diferentes dimensiones.

- Económicas: las empresas acceden a tener beneficios accediendo a fuentes más baratas, evitando costos de disposición, y/o ganando rentabilidad adicional a través de la venta de sub-productos. En general, la Simbiosis Industrial incrementa la eficiencia de recursos mediante un incremento de producción con la misma cantidad de materia prima entrando (Herczeg et al., 2018, p.1058).
- Ambientales: los beneficios vienen dados por la reducción de consumo de recursos naturales, disposición de desechos y disminución de emisiones al aire, agua y suelo, debido a la producción de materiales amigables con el ambiente. (Herczeg et al., 2018, p.1058).
- Social: finalmente desde una perspectiva social, la simbiosis industrial enfatiza la comunidad local y el trabajo cooperativo con otras industrias y cuerpos gubernamentales, con la finalidad de contribuir al desarrollo económico regional. Detrás de la idea de Simbiosis Industrial, se extienden tres dimensiones de sostenibilidad que se resumen en un punto triple, cubriendo la rentabilidad, el planeta y la gente (Herczeg et al., 2018, p.1058).
- Por muchos años, muchas iniciativas de simbiosis industrial se han lanzado, sin embargo, a nivel mundial la iniciativa mejor conocida es la de Kalundborg en Dinamarca, y es usada como inspiración de otras iniciativas (Herczeg et al., 2018).

La etiqueta de Simbiosis Industrial se aplicó en 1989 en el Ecosistema Industrial Kalundborg; las agentes participantes en esta operación fueron informados de como los efluentes de un proceso podían servir de alimentación de otros, adicionalmente la apreciación de tener una red compartida ha dado el reconocimiento del poder que tiene el desarrollo sostenible que muchas personas hasta ahora denominan simbiosis industrial. (Herczeg et al., 2018).

En la figura 1 se observa el diagrama de flujo de Simbiosis de Kalundborg para el año 2012. Se muestran las sinergias entre las industrias; es posible ver productos viniendo desde una granja para alimentar a una Biorrefinería, conexiones entre refinería con otras industrias, intercambio de corrientes de servicios industriales como vapor, agua de enfriamiento, agua desmineralizadas, etc., con otros negocios.

FIGURA 1. SIMBIOSIS EN KALUNDBORG (AÑO 2012).



Fuente: <http://symbioscenter.dk>.

Aunque Kalundborg muchas veces es una historia familiar para los ecologistas industriales, es una idea verdadera del comienzo de la simbiosis industrial, y es un ejemplo que sirve como referencia para referenciar este tipo de proyectos en ciudades. (Herczeg et al., 2018).

CASO ESTUDIO ACTUAL DE SIMBIOSIS INDUSTRIAL.

De acuerdo a Chertow & Park (2015), China es el país que tiene el mayor desarrollo científico relacionado con la Simbiosis Industrial. La razón más significativa de este

crecimiento en esta materia, es que esta estrategia está apalancada dentro del programa de su programa de gobierno. Se ha permitido un desarrollo exponencial del avance e implementación de Parque Eco Industriales (Chertow & Park, 2015).

Haciendo contraste con el desarrollo de investigación de esta área, España para el año 2014 tenía menos de 10 documentos referentes a los conceptos de Simbiosis Industrial, (Chertow & Park, 2015). En la actualidad cuando se realiza la búsqueda tomando en cuenta la frase clave “Industrial Symbiosis” solo se obtienen 22 documentos delimitándolos con España como país y al ser más restringidos e incluir “Tarragona” como palabra clave no se obtiene ningún resultado referente a estudios de este tipo en esta zona de España.

Se puede tomar un caso metodológico aplicado en China para el establecimiento de la Simbiosis Industrial estudiado por Wang, Deutz & Chen, (2017). Resulta conveniente realizar un estudio en profundidad para Tarragona y observando que se tiene como ventaja sustancial que se presentan dentro de este marco, uno de los factores impulsores para la implementación de Economía Circular y la Simbiosis Industrial, el cual es el respaldo de gobierno traducido en capacidad institucional, al emitir políticas que impulsen este tipo de estrategias.

China es un ejemplo probado del éxito de los Parques Eco Industriales y Simbiosis Industrial (Yu et al, 2014b via Chertow & Park, 2015), (Q. Wang, Deutz, & Chen, 2017, p.1572). Uno de los aspectos fundamentales para promover la acogida de estas estrategias es el cálculo de los beneficios netos, lo que debe ser revisado al hacer la conceptualización del Proyecto a proponer (Q. Wang et al., 2017). Se deben establecer los indicadores de medición tanto de los costes de inversión que se requieran para hacer las adaptaciones, como realizar las contabilizaciones debido al ahorro energético y disminución de gastos por disposición de residuos.

De acuerdo con Q. Wang (2017), el primer paso para lograr implementar un Proyecto de simbiosis industrial en un parque industrial es formar un equipo soportado económicamente por el gobierno, el arranque de actividades de esta organización permitirá reclutar profesionales que trabajen en el centro. El centro servirá como plataforma de información de intercambio y eje central entre las industrias y el gobierno.

De acuerdo a Chertow & Park (2015), los Parque Eco Industriales toman en cuenta el terreno en sí mismo y la necesidad de entendimiento de los servicios ecológicos del área donde está el parque situado. La simbiosis industrial se enfoca sobre los recursos que pueden ser reusados como ejecutarlo técnica y económicamente.

PLAN ESTRATÉGICO DEL GOBIERNO ESPAÑOL: ESPAÑA CIRCULAR 2030.³

El plan estratégico España Circular 2030, busca establecer el marco legal para impulsar la alineación de las industrias con el concepto de Economía Circular impulsado desde hace ya algunos años, y formalmente desde el año 2015 por la Unión Europea. La acción emergente de este plan, contribuye a promover el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos en la Agenda de Desarrollo Sostenible, adoptada por las Naciones Unidas en el año 2015. La Declaración de Naciones Unidas recoge que los objetivos y las metas establecidas en la Agenda 2030 son de carácter integrado e indivisible y conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental.²

Motivado a la problemática actual mundial de escasez de recursos naturales, que son usados como materia prima en los procesos se tiene como uno de los objetivos principales, la maximización de los recursos disponibles, con la finalidad de incrementar su ciclo productivo y disminuir la generación de residuos; como punto primordial surge, impulsar los procesos de reciclado en desechos o residuos con la finalidad de que puedan ser usados como materia prima secundaria en otros procesos o como productos con otra función.

A nivel de acuerdos internacionales, motivados por la preocupación debido a la contaminación se tienen tres acuerdos históricos:

- Acuerdo de París sobre el cambio climático
- Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.
- Declaración ministerial de la Asamblea de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente “Hacia un planeta sin contaminación” acordada el pasado mes de diciembre de 2017 en Nairobi.

Debido a la insostenibilidad del actual modelo lineal, impuesto como el patrón de desarrollo económico dominante, para el caso del Gobierno Español, se ve en la necesidad de avanzar en la implementación de un modelo de desarrollo y crecimiento que permita optimizar la utilización de los recursos, materias y productos disponibles

En función a la necesidad ambiental de continuidad de la especie humana y por otro lado el beneficio económico generado, la Unión Europea lanzó un plan de acción para ayudar a los negocios europeos y a las personas en general para hacer la transición hacia una economía circular avanzada, cuyo objetivo es contribuir a cerrar el círculo de los ciclos de vida de los productos, y por otro lado impulsar la competitividad y la generación de empleos. El paquete de la Unión Europea recibirá apoyo substancial como soporte, desde fondos estructurales y de inversión Europeo. De los cuales aproximadamente 5 Billones de Euros provenientes de fondos estructurales están direccionados para el manejo de desechos e inversiones en economía circular a nivel nacional. Adicionalmente, y de

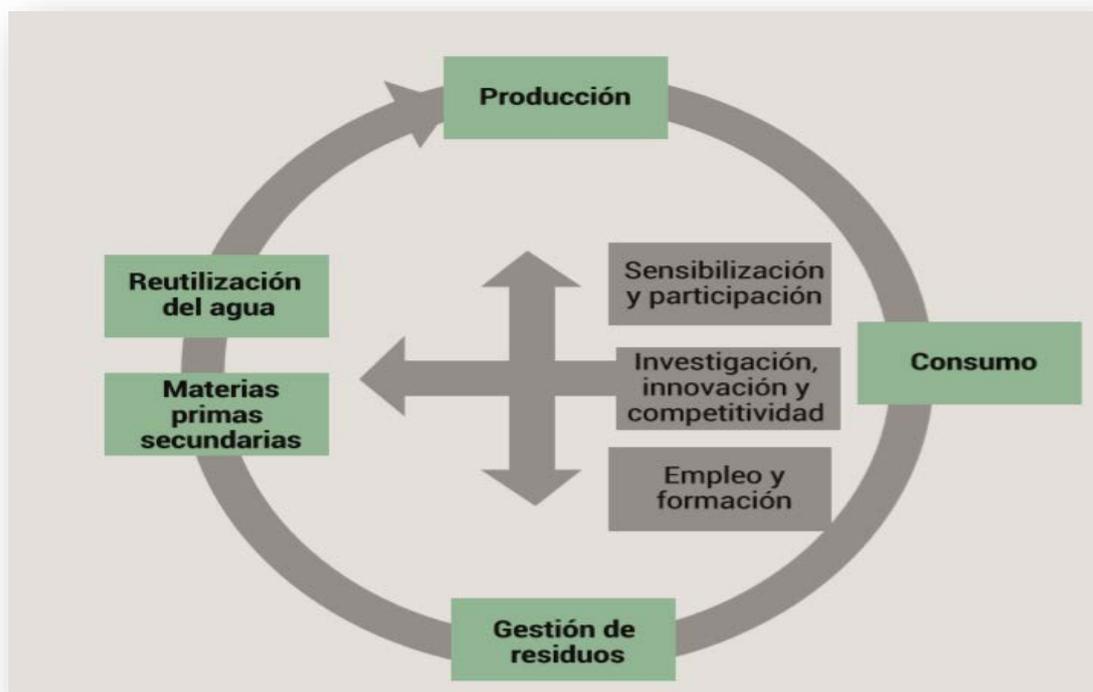
³ La información del plan estratégico fue tomada del borrador España Circular 2030:
<http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=25675460-51d5-487d-8b78-9388f20aa763>

manera más importante, se tienen destinados 725 Millones de Dólares Americanos de Horizon 2020, que es una fundación de la Unión Europea con fondos para programas de Investigación e Innovación. (Zuin, 2016).

Como ha sido explicado anteriormente, la Economía Circular, además de una mayor seguridad en la cadena de suministro, presenta para las empresas numerosas oportunidades, como el surgimiento de nuevas líneas de negocio y servicios, así como una reducción de insumos y materias primas, un reaprovechamiento de los residuos producidos y menores costes de gestión de los mismos. En este mismo sentido, la Comisión Europea señala que la Economía Circular no sólo tendrá beneficios ambientales asociados a la correcta gestión de los residuos, a la protección del suelo, de las aguas, del aire, o del clima, sino que proporcionará beneficios económicos y sociales asociados.⁴

La estrategia del Gobierno Español se ve planteada a través de los ejes de actuación que vienen dados por la Producción, la Reutilización del Agua, Usos de Materias Primas Secundarias, Gestión de Residuos y cambios en el patrón de consumo y de conciencia de los Consumidores. Adicionalmente la estrategia es tocada de forma transversal por la sensibilización y participación, investigación, innovación y competitividad y por último por la generación de empleos y formación. Estos ejes son representados en la figura 2.

FIGURA 2. EJES DE ACTUACIÓN.



Fuente: Plan Estratégico España Circular 2030⁴

⁴ La información del plan estratégico fue tomada del borrador España Circular 2030: <http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=25675460-51d5-487d-8b78-9388f20aa763>

OBJETIVOS ESTRATÉGICOS ESTABLECIDOS EN PROPUESTA ESPAÑA CIRCULAR 2030.⁵

Con el objetivo de lograr el cambio de un modelo lineal a uno circular se requiere tanto la implementación de medidas legales por parte del gobierno, como el cambio de paradigmas en la sociedad. Esta es una transformación que debe venir dada por transformaciones profundas de toda la cadena de suministro y grupo de colaboradores. Los objetivos estratégicos propuestos por el gobierno español son los siguientes:

1. Reducción del uso de recursos naturales no renovables y reuso de los materiales contenidos en los residuos como materias primas secundarias.
2. Promover la extensión del ciclo de vida de los productos, incorporación de cambios en los diseños de productos, con la finalidad de que evitar incorporación de sustancias tóxicas en los mismos que dificulten su reuso como materias primas secundarias en otros procesos. Por otro lado, se debe promover la reparabilidad de los productos.
3. Favorecer la gestión en el manejo de residuos, promoviendo la disminución en su generación, reciclaje, reuso y monitorear su trazabilidad.
4. Adopción de medidas que favorezcan la gestión ambiental, con la incorporación de innovación y eficiencia global en los procesos productivos.
5. Promover formas innovadoras de consumo sostenible, que incluyan productos y servicios sostenibles, así como el uso de infraestructuras y servicios digitales.
6. Promover el consumo de productos que posean eco etiquetas. Las eco etiquetas dan aval de transparencia e información de los productos a consumir.
7. Facilitar y promover la creación de los cauces adecuados para facilitar el intercambio de información y la coordinación con las Administraciones públicas, la comunidad científica y tecnológica y los agentes económicos y sociales, de manera que se creen sinergias que favorezcan la transición.
8. Fomentar la conciencia ciudadana para que pueda lograrse el cambio hacia una Economía Circular.
9. Promover el uso de indicadores que permitan medir la implementación y grado de avance de economía circular en las empresas. Estos indicadores deben medir gestión económica, ambiental y social.
10. Consolidar políticas de empleo que favorezcan la transición hacia una economía circular, identificando nuevos yacimientos de empleo y facilitando la creación de capacidades para los mismos.

⁵ La información del plan estratégico fue tomada del borrador España Circular 2030: <http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=25675460-51d5-487d-8b78-9388f20aa763>

Los objetivos estratégicos impulsados por el gobierno, tienen la finalidad de seguir el lineamiento, que se viene impulsando desde la Unión Europea, de tomar la economía circular como estrategia de operación dentro de las empresas. una estrategia que, aunque tenga beneficios desde el punto de vista social y ambiental, tiene beneficios económicos.

PLAN DE ACCIÓN 2018-2020: MARCO TEMPORAL DEL PLAN DE ACCIÓN⁶

Hay un total de 70 actuaciones previstas en el marco del Plan de Acción 2018-2020. El horizonte temporal del presente Plan de Acción se definió considerando entre otros factores el marco de planificación financiera y las actuaciones estratégicas definidas a nivel europeo.

Al revisar el Plan Estratégico, se observa que el tiempo de alcance es muy corto y con 70 directrices en donde gran parte se debe realizar por parte del gobierno. La base del plan, en su gran mayoría se fundamenta en acciones y actualización de normas que emitirá el gobierno en muy corto plazo. No queda claro cómo serán las mediciones para la implementación de estas acciones que quedan por parte del gobierno, ya que los indicadores incluidos dentro del plan de acción están definidos para medir variables operacionales en las industrias.

Delas 70 actuaciones que se presentan en el Plan de Acción, solo 24 pudieran definirse como actuaciones directas para la industria química que se encuentra establecida en Tarragona. A continuación, se enumeran estas acciones delimitadas en los diferentes ejes de acción.

Eje de actuación y medidas: Producción y Diseño

1. Inclusión de criterios de economía circular en el Marco Estratégico para la industria española y sus agendas.
2. Potenciar la industria 4.0 como forma efectiva de impulsar la economía circular.
3. Desarrollo de las normas europeas sobre eco-diseño y economía circular.
4. Fomento de la etiqueta ecológica.
5. Integración Sistema EMAS en políticas sectoriales.

Eje de actuación y medidas: Consumo

6. Incorporación de los criterios de economía circular en la contratación pública y subvenciones.
7. Línea de Fomento de la Innovación desde la Demanda (FID)
8. Apoyo en la implantación de soluciones que permitan la recuperación de energía y nutrientes en las EDAR y ERAR, a través de la promoción de compra pública de innovación, así como de otros mecanismos de financiación.

Eje de actuación y medidas: Gestión de Residuos

⁶ La información del plan estratégico fue tomada del borrador España Circular 2030: <http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=25675460-51d5-487d-8b78-9388f20aa763>

9. El PIMA y las ayudas para el Plan Estatal Marco de Gestión de residuos.

Eje de actuación y medidas: Materias Primas Secundarias

10. Declaración y fomento de los subproductos
11. Establecimiento de criterios de fin de condición de residuo
12. Desarrollo de los trabajos de la Comisión Europea en relación con las sustancias químicas preocupantes

Eje de actuación y medidas: Reutilización del Agua

13. Ajuste normativo para la promoción de la reutilización de aguas residuales regeneradas
14. Apoyo a proyectos de regadío que tengan como recurso la reutilización de aguas residuales

Ejes de actuación y medidas: Investigación, Innovación y Competitividad

15. Ayudas para el fomento de computación en la nube.
16. Proyectos de I+D+i orientada a los Retos de la Sociedad en colaboración público-privada (“Retos Investigación”).
17. Proyectos de I+D+i orientada a los Retos de la Sociedad en colaboración público-privada (“Retos Colaboración”).

Ejes de actuación y medidas: Participación y sensibilización

18. Pacto por una Economía Circular
19. Transferencia de conocimiento y buenas prácticas
20. Campañas de sensibilización

Eje de actuación y medidas: Empleo y Formación

21. Difusión de la Estrategia Española de Economía Circular en actuaciones relacionadas con la Responsabilidad Social de las Empresas (RSE), en particular a través del Portal de Responsabilidad Social.
22. Estudio de los riesgos emergentes derivados de los nuevos empleos y ocupaciones en desarrollo de la Economía Circular.
23. Estudio de los riesgos derivados del uso de energías alternativas, materias primas secundarias o gestión de residuos.
24. Elaboración de material de apoyo y herramientas para la formación e información.

Dentro de las acciones que se encuentran en el Plan de acción para la industria, las que se observan que tienen mayor impacto para poder realizar medición de la implementación de la economía circular son las de producción y diseño, reúso del agua y gestión de residuos.

Para el caso de producción y diseño, son medidas que se toman directamente en las operaciones, en muchas oportunidades con mejoras en los procesos se pueden obtener resultados, reúso de sub-productos, reducción de residuos debido a reúso, mejoras en el diseño desde el momento de visualizar los procesos de producción.

Otro eje importante y que es de fácil implementación porque las tecnologías están definidas, es el del reúso del agua, el cual con tener una política de conservación y ahorro

dentro de la empresa mejoraría en este aspecto, y por otro lado ahorraría en el costo de este servicio a las operaciones.

El eje de gestión de residuos, puede verse favorecido con la definición de usos comerciales a la mayor cantidad de corrientes dentro de las operaciones; muchas veces debido a que el negocio de una industria está enfocado a una rama, solo se les da importancia comercial a los productos principales durante el diseño de los procesos, y muchos sub-productos son desechados, dejando de obtener beneficio económico y aumentar el margen de rentabilidad de la empresa. Para el caso del eje de las materias secundarias, dependerán del tipo de proceso, ya que hay industrias que funcionan con un tipo de materia prima que puede ser irremplazable. Finalmente, los demás ejes son de gran importancia, pero no depende directamente de las operaciones, sino de las gerencias transversales de las industrias, como lo son las contrataciones, la sensibilización y el empleo y formación.

RESUMEN DE REVISIÓN DE LITERATURA.

La revisión de la literatura se planteó con el objetivo conocer en principio los conceptos básicos de economía circular y simbiosis industrial; al pasar el período de la primera etapa de búsqueda, se incluyó el término de ecología industrial, debido a que los fundamentos de economía circular y simbiosis industrial vienen soportados por el de ecología industrial, donde el fundamento inicial es que los procesos industriales traten de simular el comportamiento de los ecosistemas biológicos.

Las literaturas convergen en que uno de los puntos importantes para la promoción del concepto de ecología industrial fue en el coloquio denominado “Industrial Ecology” y realizado los días 20 y 21 de mayo de 1991. La información referencia de ecología industrial base es tomada de Frosch and Gallopoulos (1992), de sus publicaciones en ese coloquio. Los autores que los mencionan son, entre otros, Chertow y Park (2015), Bermejo (2015), Graedel, T.E y Lifset, (2015) los cuales fueron revisados para tomar referencias en este trabajo.

Otro de los enfoques de esa época, fue dado por (Piasecki, 1992), en su trabajo denominado “Industrial ecology: An emerging management science”, donde menciona que la ecología industrial no debe verse solo desde el punto de vista de avances tecnológicos y gubernamentales, sino que para poder ejecutar esta tendencia dentro de la industria, se debe incluir en la gestión de la empresa una posición llamada: “Gerente de Ambiente”, el cual debe tener conocimientos principalmente de trazabilidad histórica de los daños ocasionados al ambiente por la industria, por otro lado menciona, las desigualdades de inversión en investigación y desarrollo en el área de sostenibilidad ambiental, comparados con las inversiones técnicas realizadas en tecnologías fósiles poco eficientes. Las implicaciones mencionadas en este artículo, vienen dadas para establecer la importancia de las organizaciones de Gestión Ambiental dentro de las empresas, las cuales deben jugar un papel fundamental para poder llevar a cabo procesos sostenibles desde el punto de vista ambiental.

Por otro lado, se observa que hay un crecimiento en la investigación tanto de la economía circular como de la simbiosis industrial aproximadamente desde el año 1989 hasta nuestros días. Un punto en donde autores como Chertow & Park, (2015) y Ghisellini et al., (2016) convergen, es que desde 1989 se vienen desarrollando los dos conceptos en paralelo, promoviéndose el desarrollo de los Parques Eco Industriales con la finalidad de ser impulsados a modelo que trabajen bajo los esquemas de economía circular y simbiosis industrial. También se ha visto en el desarrollo de la investigación a nivel mundial como se han venido incluyendo la creación de indicadores que midan como estos dos modelos se vienen implementando y penetrando en las industrias. La incorporación de los indicadores, para medir la implementación o crecimiento de la economía circular dentro de la industria, fue revisada con el soporte de los artículos desarrollados por los siguientes autores: Geng, Fu, Sarkis, & Xue, (2012), Franklin-Johnson, Figge, & Canning, (2016) y Homrich, Galvão, Abadia, & Carvalho, (2018).

Para dar el matiz de justificación de los modelos de economía circular y simbiosis industrial, se revisaron los desarrollos investigativos para la medición de beneficios económicos, sociales y ambientales, en donde son destacados los trabajos de (Gibbs & Deutz, 2005), (Zuin, 2016), (Cooper et al., 2017). Se presentan datos cualitativos de los

beneficios y, cuantitativos: medidos en dólares y en unidades de energía. Estos datos fueron referenciados y explicados a lo largo de este trabajo.

Adicionalmente, las bibliografías en general convergen, en que el país que ha tenido el mayor desarrollo en economía circular es China, motivado a su creciente desarrollo industrial, han presentado una afectación en sus recursos naturales. Tal hecho, ha empujado al gobierno de China a ser el primero en tomar el concepto de economía circular dentro de su legislación, lo cual es presentado dentro de los trabajos de Geng et al., (2012), Jiao & Boons, (2014), Ghisellini et al., (2016), Chertow & Park, (2015), N. Wang, Lee, Zhang, Chen, & Li, (2018), Q. Wang et al., (2017).

En la tabla 1 se muestra de forma resumida las lecturas principales que conformaron el marco teórico de esta investigación exploratoria, y que fueron ubicados bajo la siguiente metodología:

1. En un primer periodo de búsqueda, realizado el mes de marzo de 2018 en la base de datos Scopus, usando como palabras clave “circular economy”, se obtuvo un total de 2211 artículos bajo esta palabra clave. Luego se siguió con la búsqueda y se limitó un poco más incluyendo la frase “industrial symbiosis” y limitado a “Business, Management and Accounting” and “Economics, Econometrics and Finance”. Con esta refinación en la búsqueda, se obtuvo un resultado de 36 artículos científicos. En esta primera fase, se inició la primera parte del trabajo, que consistió en delimitar el problema, establecer preguntas de investigación, conocer conceptos, verificar como estaba a nivel mundial la implementación de los modelos de economía circular y simbiosis industrial.
2. Dos meses después, se realizó una segunda fase de búsqueda durante el mes de mayo, con la finalidad de selimitar el trabajo de investigación en España, se realizó una delimitación adicional a los términos de “Circular Economy” desarrollados en España obteniendo 10 documentos en España en la Base de Datos Web of Science. Se realizó otra búsqueda tomando como palabra clave en el Tema “Tarragona” e “Industrial Simbiosis” y se obtuvieron 13 resultados en la búsqueda. Estos artículos encontrados referenciados a Tarragona solo fueron investigaciones de evaluaciones de variables ambientales y desarrollos en el área de ingeniería, entre otros. Por otro lado, se realizó una búsqueda aislada tomando en cuenta la palabra clave: “Industrial Ecology”; de donde se tomaron principalmente los artículos presentados para el coloquio de Ecología Industrial del año 1991.

En la tabla 1, se muestra de forma resumida los artículos revisados en las bases de datos.

TABLA 1. RESUMEN DE REVISIÓN DE LITERATURA.

Año	Autor	Título	Descripción
1992	L. W. Jelinski, T. E. Graedel, R. A. Laudise, D. W. McCall, and C. K. N. Patel	Industrial ecology: Concepts and approaches	Explica el concepto de la ecología industrial, donde es definida como una forma de fabricar los productos usando estrategias sostenibles. La ecología industrial busca optimizar la totalidad de los materiales del ciclo, desde la materia prima virgen hasta el material acabado, por componente, por producto, por producto desechado y hasta su última disposición. Este fue un artículo que se emitió como revisión de literatura y que es tomado como referencia por diferentes autores en las definiciones de ecología industrial. (Jelinski et al., 1992)
1992	Bruce Piasecki	Industrial ecology: An emerging management science	Indica como la ecología industrial debe verse sostenida con prácticas gerenciales, que no solo dependen de los avances tecnológicos y gubernamentales. Indica las características que debe tener un Gerente de ambiente: tener trazabilidad histórica de los daños ocasionados al ambiente por la industria. también indica las desigualdades de inversión en investigación y desarrollo, comparados con las inversiones técnicas realizadas en tecnologías fósiles poco eficientes. Fue un artículo publicado para el Congreso de ecología industrial de 1992. (Piasecki, 1992)
1992	Robert A. Frosch	Industrial ecology: A philosophical introduction	Este artículo indica la similitud de los ecosistemas naturales con los sistemas industriales dando una visión de la posibilidad de imitar la naturaleza. Este artículo de igual forma fue presentado en el coloquio de Ecología Industrial del año 91. Es una revisión de literatura. (Frosch, 1992)
2005	David Gibbs, Pauline Deutz	Implementing industrial ecology? Planning for eco-industrial parks in the USA	Se propone cómo realizar la implementación de los conceptos de ecología industrial para cerrar el ciclo y pasar a un modelo utilizando Parques Eco Industriales. Explica cuáles son los beneficios de la aplicación de este modelo en o ambiental, económico y social con la

Año	Autor	Título	Descripción
			creación de empleos. (Gibbs & Deutz, 2005)
2007	David Gibbs, Pauline Deutz	Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development	Se explica cómo los Parque Eco Industriales están formados en base a los conceptos de y principios de la ecología industrial. Es una revisión de la literatura que indica que a pesar de que existen muchos parques eco industriales muchos de ellos no están trabajando de forma entrelazada. (Gibbs & Deutz, 2007)
2011	Li Ming	The Characters of the Eco-industrial Park in EU and US and the Inspiration for the Wuhan Metropolitan Zone	Este artículo discute las principales características de los Parque Eco Industriales a través del análisis de un Parque Eco Industrial en Estados Unidos y en la Unión Europea. El autor finalmente da sugerencias prácticas acerca de cómo hacer desarrollos futuros. Es una revisión de literatura. (Li, 2011)
2011	Frank Boons, Wouter Spekkink, Yannis Mouzakitis	The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review	Es una revisión de literatura referente a la simbiosis industrial. Como es posible implementarla. El marco teórico conceptualiza la simbiosis industrial en dos niveles: el nivel de la industria regional y otro nivel donde la simbiosis industrial es difusa. Se hacen estos dos contrastes con la finalidad de medir como se modifica el impacto ecológico y como se mide la capacidad institucional. Revisión de literatura. (Boons, Spekkink, & Mouzakitis, 2011)
2012	Yong Genga, Jia Fua, Joseph Sarkis, Bing Xue	Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis	En este artículo se muestra como China es el único país que ha incorporado la economía circular como parte de sus reglamentos. Este esfuerzo fue dado, debido al desarrollo industrial potencial de este país trajo consecuencias en el detrimento de sus recursos ambientales. Aquí se plantean indicadores para la medición de la implementación de la economía circular de forma creíble. Adicionalmente, se menciona que las incorporaciones de los indicadores se han incorporado en el país como pioneros en el tema. Este tema puede ser medido de forma objetiva y creíble, de acuerdo a la investigación expuesta en este artículo. Adicionalmente, estudian las

Año	Autor	Título	Descripción
			preocupaciones de las barreras para implementar los indicadores. Revisión de literatura. (Geng et al., 2012)
2013	Biwei Su, Almas Heshmati, Yong Gengb, Xiaoman Yub	A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation	Es una revisión de la implementación de la Economía Circular, practicas actuales y evaluación de la Economía Circular en China. Menciona barreras, desafíos en la implementación de la economía circular como una práctica nacional. Explica el desarrollo de una Metodología para implementar la EC. (Su et al., 2013)
2014	Bermejo, Roberto	Handbook for a sustainable economy	Explica los conceptos más relevantes de la economía lineal, circular, antecedentes, líneas principales de la economía circular. Revisión de Literatura. (Bermejo, 2014)
2014	Wenting Jiao, Frank Boons	Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review	Explica como la implementación de economía circular en China como una política de estado ha favorecido a su implementación. Revisión de literatura. (Jiao & Boons, 2014)
2015	Libro: Clift, R Druckman, A / Paper: 88 M. Chertow and J. Park	Taking Stock of Industrial Ecology / Scholarship and Practice in Industrial Symbiosis: 1989–2014	Es una recopilación de artículos en donde se tomó uno como referencia: M. Chertow and J. Park: "Chapter 5 Scholarship and Practice in Industrial Symbiosis: 1989–2014". Se explican el desarrollo de la investigación de la simbiosis industrial desde el año 1995 al 2014. (Chertow & Park, 2015)
2015	Marcus Linder and Mats Williander	Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties	Este artículo examina los desafíos para seguir la Economía Circular debido a lo difícil que es emprender en esta área. Revisión de Literatura. (Linder & Williander, 2017)
2015	Judith L. Walls and Raymond L. Paquin	Organizational Perspectives of Industrial Symbiosis: A Review and Synthesis	Con este artículo se estudian cuáles son las acciones que se deben tomar dentro de un ambiente industrial para que haya colaboración entre los grupos de colaboradores y pueda ser implementada la simbiosis industrial. Revisión de literatura. (Walls & Paquin, 2015).

Año	Autor	Título	Descripción
2016	Elizabeth Franklin-Johnson, Frank Figge, Louise Canning Kedge	Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance	Este artículo muestra los indicadores de desarrollo de la economía circular, y proporciona herramientas que pueden ser aplicadas para manejar y organizar los niveles de impacto de los negocios sobre la longevidad de los materiales preciosos. La medición es compuesta por tres componentes: tiempo de vida útil inicial, tiempo de vida útil ganado con la reparación, tiempo de vida útil del material reciclado. A través de estos indicadores, se puede tomar una decisión del desarrollo de la economía circular. Revisión de literatura. (Franklin-Johnson et al., 2016)
2016	Patrizia Ghisellini, Catia Cialani, Sergio Ulgiati.	A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems	Revisión de literatura de las últimas dos décadas. Revisión de origen, principios básicos, ventajas y desventajas, modelaje e implementación a nivel mundial. Los orígenes vienen de la economía ecológica y ambiental. En China es promovida como una política nacional desde arriba hacia abajo. Mientras que en otras regiones como Unión Europea, Japón y USA se usa como una herramienta para diseñar las políticas ambientales y de manejo de desperdicios. En países donde no se ve la EC como una política de Estado, se observa que se quiere ver solo como un hecho de solo reciclar sin incluir la importancia del reúso. Revisión de literatura. (Ghisellini, Cialani, & Ulgiati, 2016b)
2016	E. Kuznetsova, E. Zio, Romain Farel	A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization	Son revisados los conceptos de Parque Eco Industrial, Actores Individuales, Simbiosis Industrial. Ellos estudiaron los Parques Eco Industriales como una compleja interrelación que depende de cada Actor Individual. Cuando es incluido el concepto de Simbiosis Industrial es explicado que hay mayor complejidad y que dependerá de la interrelación de cada Actor Individual. (Kuznetsova et al., 2016)
2016	Michael Lieder, Amir Rashid Department	Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of	Se explica la situación existente con respecto a la escasez de los recursos, generación de desechos, y ventajas económicas. El principal objetivo es crear un marco de comprensión y una estrategia práctica de implementación de la economía circular. Adicionalmente se remarca el rol importante de los Actores individuales para

Año	Autor	Título	Descripción
		manufacturing industry	poder hacer una implementación efectiva y exitosa de la EC. (Lieder & Rashid, 2016)
2016	Vania G. Zuin	Circularity in green chemical products, processes and services: Innovative routes based on integrated eco-design and solution systems	En este artículo, las últimas tendencias relacionadas con los productos químicos, procesos y servicios concernientes al eco-diseño y enfoques de solución serán mostrados usando una biorefinería de residuos como un caso de estudio. Se enfatiza, las nuevas relaciones que serán dadas entre los materiales, energía y en mayor cantidad las cooperaciones a largo plazo y las integraciones de los modelos entre todas las partes relacionadas. (Zuin, 2016)
2017	Manuel Laineza, José Manuel González, Alfredo Aguilar, Carmen Vela	Spanish strategy on bioeconomy: Towards a knowledge based sustainable innovation	España ha lanzado su propia estrategia sobre bioeconomía en enero de 2016 con el objetivo de impulsar la bioeconomía basada en la sostenibilidad y producción eficiente y uso de recursos biológicos. Se remarca los desafíos globales relacionados con agricultura y biotecnología en España. Los sectores objetivo son: alimentación, agricultura y bosques condicionados por la disponibilidad de agua. (Lainez, González, Aguilar, & Vela, 2018)
2017	Valerio Elia, Maria Grazia Gnoni, Fabiana Tornese	Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis	Se revisa la importancia de la economía circular tomando en cuenta la necesidad de chequear como son implementados los indicadores. Indican que falta de investigación en los indicadores de evaluación. Revisión de literatura. (Elia, Gnoni, & Tornese, 2017)
2017	Samuel J.G. Cooper, Jannik Giesekam, Geoffrey P. Hammond, Jonathan B. Norman, Anne Owen, John G. Rogers, Kate Scott	Thermodynamic insights and assessment of the 'circular economy'	En este artículo se identifican las oportunidades para ahorrar energía en la Unión Europea y en UK. Se habla de los potenciales ahorros de energía en función al sector que se estudie. Se da especial enfoque a como la economía circular favorece este ahorro energético. Se observan resultados del ahorro energético. Muestra resultados de una metodología aplicada. (Cooper et al., 2017)

Año	Autor	Título	Descripción
2018	Ning Wang, Jason Chi Kin Lee, Jian Zhang, Haitao Chen, Heng Li	Evaluation of Urban circular economy development: An empirical research of 40 cities in China	Calculo de un índice circular urbano de desarrollo. No hay suficiente investigación para dar soporte a los cálculos; se incentiva a promover los estudios en este campo. Son presentados los resultados de la metodología de cálculo realizada. (N. Wang et al., 2018)
2018	Aline Sacchi Homrich, Graziela Galvao, Lorena Gamboa Abadia, Marly M. Carvalho	The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways	Este artículo investiga las tendencias y lagunas sobre los diferentes patrones de convergencia de la literatura de la economía circular. Una parte del estudio se enfoca en que los parques eco industriales y simbiosis industrial se desarrolla en su mayoría en China. La segunda parte de la investigación se centra en las cadenas de suministro, cierre del círculo del flujo de materiales y los modelos de negocio. (Homrich et al., 2018)
2018	Graeme Heyes Maria Sharmina, Joan Manuel F. Mendoza, Alejandro Gallego-Schmid, Adisa Azapagic	Developing and implementing circular economy business models in service-oriented technology companies	Se muestra un marco que explora, analiza y guía la implementación de la economía circular orientada a organizaciones de servicio. (Heyes, Sharmina, Mendoza, Gallego-Schmid, & Azapagic, 2018).
2018	Gabor Herczeg, Renzo Akkerman, Michael Zwicky Hauschild	Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks	El análisis en este artículo proporciona la guía para incrementar la factibilidad y recurso de eficiencia de la simbiosis industrial, tomando en cuenta los diferentes grupos de colaboradores involucrados. Se proponen alternativas desde el punto de vista organizacional y desde el punto de vista en la cadena de suministro, operacional. Revisión de Literatura. (Herczeg et al., 2018)

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se evidencia que el desarrollo de investigación en España, para el año 2014 tenía menos de 10 documentos referentes al concepto de Simbiosis Industrial, Chertow & Park, (2015). En la actualidad cuando se realizó la búsqueda tomando en cuenta la frase clave “Industrial Symbiosis” solo se obtienen 22 documentos delimitándolos con España como país y al ser más restringidos e incluir “Tarragona” como palabra clave no se obtiene ningún resultado referente a estudios de este tipo en esta zona de España. Se observa que, dentro de la zona de Tarragona, a pesar de que hay un importante desarrollo industrial, no hay ningún trabajo de investigación del área de gestión de empresas en

referencia al tema de economía circular y simbiosis industrial, por lo que se requiere impulsar esta área de investigación.

Con la revisión de literatura realizada tanto en bases de datos como en el Plan Estratégico *España Circular 2030*, se observa que actualmente en España, se encuentra un contexto favorable, desde el punto de vista político, industrial y social, para que sea implementada la economía circular; con el inicio de la implementación de este modelo y específicamente en Tarragona, en donde hay varias industrias agrupadas en una zona, es posible realizar la implementación en primer lugar de un Parque Eco-Industrial e iniciar la transición a la simbiosis industrial.

Se debe realizar un trabajo de campo que incluyan una mayor cantidad de casos de estudio, para determinar con mayor exactitud, cuál es la situación actual con respecto al nivel de intercambio organizacional entre la industria química en Tarragona, y medir el potencial de integración entre cada actor individual con la finalidad de establecer los pasos a seguir y plan de acción requerido.

METODOLOGÍA

Este Trabajo de Fin de Máster, tiene como objetivo fundamental en primer lugar, sentar las bases teóricas mediante revisión de literatura con la finalidad de comprender los conceptos fundamentales de Economía Circular y Simbiosis Industrial y poder ser establecidos estos fundamentos como función de la aplicación del Plan Estratégico España Circular 2030 y en segundo lugar estudiar la posible implementación de Simbiosis Industrial en un Parque Industrial.

Con la finalidad de responder las preguntas de investigación se siguió la metodología de estudio de casos; la cual es una estrategia de investigación usada en muchas situaciones para contribuir en el conocimiento del desempeño de fenómenos que ocurren en una organización (Baxter & Jack, 2008). La metodología de estudio de casos, permite explorar un caso, y se aplica para responder preguntas del tipo “Cómo” y “Por qué”, mientras que toma en consideración un fenómeno que es influenciado por un contexto dentro del cual está situado. Es capaz de ofrecer al investigador datos de una variedad de fuentes para al final converger en los datos que resuelvan el caso (Yin, 2003, p.2).

Los casos de estudio son encontrados en economía, en donde la estructura de una industria dada puede ser investigada usando el método de estudio de caso. El distintivo para el uso del estudio de casos es entender fenómenos sociales complejos. En resumen, el estudio de casos permite al investigador conservar las características holísticas y significativas de eventos de la vida real, como por ejemplo sucesos de gerencias de procesos, relaciones internacionales y maduración de las industrias (Yin, 2003, p.2)

Con la finalidad de establecer el diseño de investigación que guiaría este trabajo se procedió a hacer el planteamiento de las preguntas de investigación, se establecieron las proposiciones del estudio, se determinó la unidad de análisis, se estableció la forma de realizar la comparación de los datos recolectados para hacer el contraste con las proposiciones planteadas y por último se analizaron los datos.

Para resolver y responder los objetivos planteados en este trabajo, fue fundamental establecer un marco teórico, tal y como es recomendado para la metodología de estudio de casos. Con la revisión de literatura se establecieron las bases para guiar la investigación. Por este motivo, se realizó una revisión de literatura sistematizada que permitió establecer un marco teórico y definir qué datos debíamos recolectar; con el análisis del marco establecido se guió el proceso de establecimiento de las preguntas formuladas en la entrevista, dar respuesta a las preguntas de investigación, y finalmente poder realizar el análisis de la información recolectada de las diversas fuentes. Debido a lo relevante del tema de investigación, la revisión bibliográfica tomó tiempo; se revisaron bases de datos científicas, páginas web de las empresas y asociaciones químicas, redes sociales e informes de asociaciones.

La Unidad de investigación establecida para contextualizar la investigación fue la Industria Química y se establecieron dos casos de estudio. Otro principio tomado en cuenta en este trabajo, es que debido a que era una evaluación en donde no se tenía un conjunto claro ni se sabía a qué resultados se podían llegar, se realizó una investigación del tipo exploratoria (Yin, 2003, p.23).

Para dar credibilidad al estudio, se usaron, múltiples fuentes de datos (Yin, 2003); en resumen, se usó revisión bibliográfica, trabajo de campo, grabaciones, visita a las empresas: observación directa y participativa, no se tomaron fotografías por secreto industrial, recolecta de información secundaria etc. Por lo cual se han obtenido diversidad de datos para configurar los casos y darle credibilidad a la investigación.

Con la finalidad de realizar el análisis de los datos recolectados, se siguió el hilo argumental del marco teórico, en donde se analizaron las diferentes características de la economía circular y de la simbiosis industrial, se agruparon las propuestas del plan estratégico en función de los ejes de actuación, y los datos fueron evaluados en función a esta lógica y por último se establecieron los contrastes entre el tipo de interrelación de las empresas con las otras industrias de la zona con la finalidad de establecer los principales barrera e impulsores de la simbiosis industrial.

En un caso de estudio, los datos provenientes de diversas fuentes convergen en el proceso de análisis en vez de ser manejados individualmente. Cada fuente de dato es una pieza de un rompecabezas, cada pieza contribuye al entendimiento del fenómeno completo. Esta convergencia añade fortaleza a los hallazgos ya que cada fuente de datos se va combinando para promover mejor entendimiento (Baxter & Jack, 2008, p.545).

DELIMITACIÓN DEL ESTUDIO

Se realizó una revisión para identificar cómo está distribuida la industria química en España, y poder delimitar las acciones de investigación a un sector. Se inició una búsqueda de páginas web de organizaciones que llevan el registro de las Industrias Químicas a nivel nacional en España. Se obtuvieron como referencia las siguientes organizaciones:

- **Instituto Nacional de Estadística (INE):** Se revisó el Reporte “España en Cifras 2017”, de donde se obtuvo la visión actualizada de los datos económicos de la Industria en España (<http://www.ine.es/>).
- **FEIQUE:** Se ubicó en Internet la Federación Empresarial de Industria Química Española (FEIQUE), cuya misión es: promover la expansión y el desarrollo competitivo de una industria química innovadora que contribuya a la generación de riqueza, empleo y productos que mejoren el bienestar y la calidad de vida de los ciudadanos, de acuerdo con los principios del Desarrollo Sostenible. En la página de internet de esta organización (<http://www.feique.org/>), se encontró el Reporte Radiografía del Sector Químico Español 2017, en donde se explica a grandes rasgos los indicadores más relevantes de la Industria Química para el año 2017. La información manejada por FEIQUE, indica que la industria química en

España, está conformada por más de 3000 empresas que reúne todos los sectores químicos. Por lo que se contactó vía email a FEIQUE, para verificar el listado de industrias químicas de España y fue confirmada como fuente confiable la de la organización ChemSpain.

De acuerdo a la figura 3, se observa que la mayor concentración de industrias químicas se produce en Cataluña, específicamente en Barcelona y Tarragona.

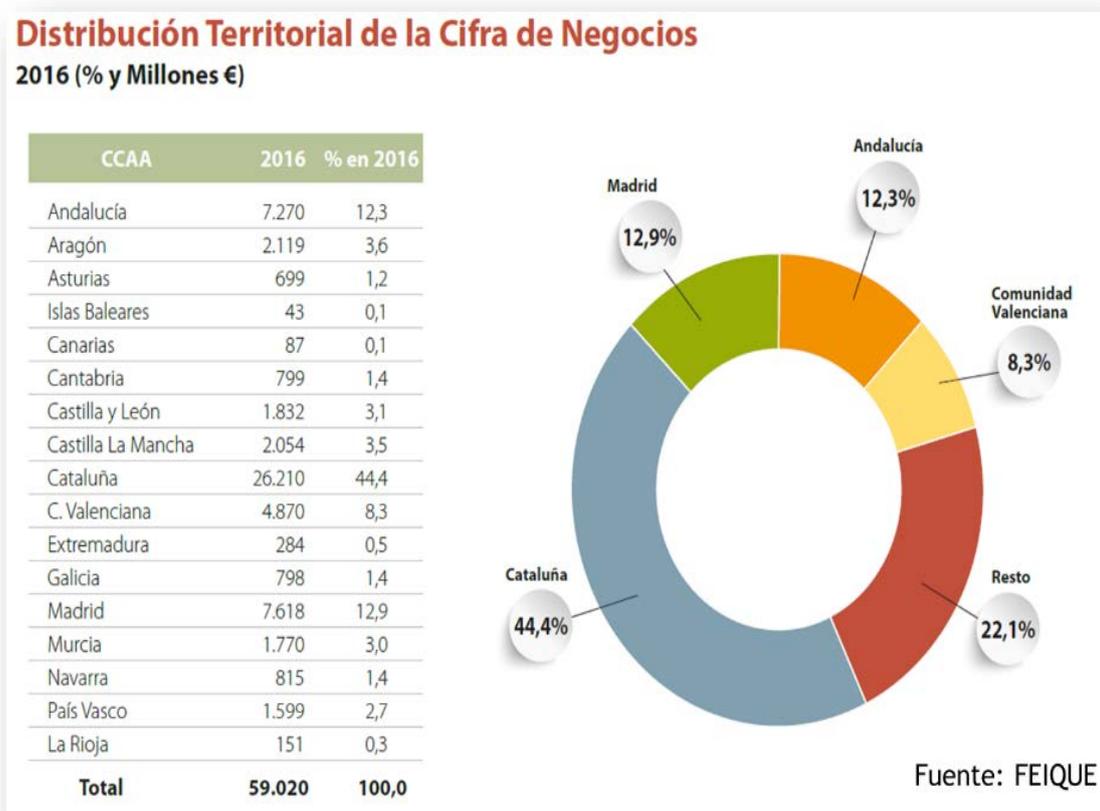
FIGURA 3. SECTOR QUÍMICO EN ESPAÑA.



Fuente: <http://www.feique.org/>.

En la figura 4, se indica que Cataluña tiene el 44% de la cifra de negocios referente a la Industria Química en España.

FIGURA 4. CIFRAS DE NEGOCIOS INDUSTRIA QUÍMICA ESPAÑA.



Fuente: <http://www.feique.org/>.

Por lo que se decidió basar el estudio en el parque petroquímico de Tarragona, el cual es beneficioso para el estudio, ya que las empresas se encuentran ubicadas como un Parque Industrial, con características que pueden ser potencialmente ventajosas para el establecimiento de un proyecto de Economía Circular y Simbiosis Industrial.

FUENTES DE DATOS.

A continuación, se presenta como se realizó la recolecta de datos para desarrollar la investigación.

REVISIÓN DE LITERATURA.

1. Primero que todo se identificó y ubicó el Plan Estratégico España Circular 2030. Se realizó una revisión exhaustiva de la propuesta, se verificó la acogida de este marco legal, obteniendo información de recogida de datos directa con las empresas, asociaciones. Adicionalmente se revisó el marco legal planteado por la Unión Europea, así como revisión de Congresos realizados en este año 2018. Otra

fuerza de información importante de este tema de actualidad es el uso y búsqueda en redes sociales, en donde particularmente se encontró una denominada Economía Circular ([@Ec_Circular](#)) la cual hace análisis de los planteamientos de actualidad de España e internacionales.

2. Por lo tanto, primero se realizó una búsqueda sistemática de bibliografía en dos bases de datos fundamentales como lo son: Web of Science y Scopus; en segundo lugar, se realizó búsqueda de material secundario en páginas de internet relacionadas con la industria química en España, con la finalidad de determinar las principales industrias químicas a nivel nacional hasta llegar a delimitar el escenario actual de este trabajo. En un primer periodo de búsqueda realizado el mes de marzo de 2018 en la base de datos Scopus usando como palabras clave “circular economy” and “industrial symbiosis” y limitado a “Business, Management and Accounting” and “Economics, Econometrics and Finance”, se obtuvo un resultado de 36 artículos científicos. Se realizó una segunda fase de búsqueda durante el mes de mayo delimitando el término de “Circular Economy” limitado a España obteniendo 27 documentos en España en la Base de Datos Web of Science. Se realizó otra búsqueda tomando como palabra clave en el Tema “Tarragona” en título y “petrochemical” en tema y se obtuvieron 14 resultados, referentes a evaluaciones de variables ambientales y desarrollos de ingeniería, entre otros.

Contacto con Asociación Química FEIQUE

Durante el mes de febrero, se realizó contacto con esta asociación, con la finalidad de determinar integrantes de la industria química en España. Luego en el mes de mayo se realizó otro contacto para determinar si había trabajos referentes a Economía Circular y Simbiosis Industrial dentro de la industria química en España.

Revisión de Redes Sociales.

Se realizó revisión en la red Social Twitter, en donde se revisaron varios usuarios que estudian la Economía Circular y empresas que se encuentran ubicadas en el área de Tarragona. A continuación se pueden ver los usuarios en Twitter a los que se siguieron bajo el usuario creado para realizar investigación de sostenibilidad: [@HelenAndreinaS2](#).

- [@EcoCircular_CAT](#).
- [@EconomiaCircula](#).
- [@Ec_Circular](#).
- [@Repsol](#).
- [@SusChemSpain](#).
- [@Feique_Prensa](#).
- [@Dowlberica](#).
- [@DowTarragona](#).
- [@aeqtonline](#).
- [@BuenaQuimica](#).

- @ECO_CIRCULAR.
- @Group_381.
- @mapamagob.

Durante la revisión por este medio, se revisó como era la tendencia de revisión del Plan Estratégico *España Circular 2030*, tomándose como referencia la información suministrada con el usuario @Ec_Circular, quien presenta el contraste del informe con las directrices de la Unión Europea.

Visitas a Empresas

Se realizaron visitas a dos empresas, en donde en una de ellas se obtuvo acceso a sus instalaciones: sala control, cuartos de instrumentación, planta operando, sala de máquinas, carga de productos y sección de almacenaje. Se realizó observación directa durante la visita.

Revisión de Páginas Web.

Con la finalidad de realizar en primer lugar la delimitación del estudio, luego verificar la información descriptiva de las empresas con respecto a la sostenibilidad y directamente su alcance en economía circular, toma de datos para establecer contactos se realizó búsqueda en las diferentes páginas web de las empresas en Tarragona, creando bases de datos con información de las empresas.

Desarrollo de Entrevistas en profundidad para determinar el avance de la Economía Circular y Simbiosis Industrial en la industria del parque industrial en Tarragona.

Con la finalidad de poder obtener información directa de las empresas se diseñó una entrevista en profundidad con preguntas semiestructuradas. Se programó, realizar visita a dos empresas dentro del Parque Industrial en Tarragona, con la finalidad de conocer como se ha realizado la campaña informativa del Plan de Acción España Circular 2030, verificar si las empresas conocen del concepto de Economía Circular, chequear si actualmente existen acciones de ejecución para cambiar el modelo a economía circular y verificar las posibles operaciones de sinergia entre las empresas que puedan caer dentro del marco de simbiosis industrial.

Primero se explicó brevemente el alcance del trabajo de fin de máster, y se procedió a realizar una entrevista en forma de conversación en donde se motivó a los entrevistados a dar una presentación explicativa acerca de las operaciones de la empresa, incorporación en la economía circular y simbiosis industrial; cuya discusión estuvo dirigida usando las preguntas de un protocolo diseñado previamente.

En la tabla 2 se presentan las preguntas generadoras usadas en la entrevista con respecto a la descripción general de la industria.

TABLA 2. PREGUNTAS SEMI ESTRUCTURADAS: DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA.

Descripción General de Industria o Proceso.	¿Qué tipo de carga se incluye en las plantas? (en caso de que de use solo materia prima virgen: ¿Por qué se está usando este tipo de materia prima? ¿Qué otro tipo de materia pudieras usar para alimentar la planta? (La idea es saber si usan alimentaciones de recursos reciclados o de materia prima pura)
	¿Qué Plan de Reciclaje o de reuso de materiales se utiliza en esta industria?
	¿Cómo se está realizando el manejo de desechos en la empresa? ¿Por qué se ha adoptado este manejo? ¿Qué medidas ha adoptado la empresa para reducir el manejo de desechos?
	¿Qué tipos de procesos de recuperación de energía se usan en la empresa para beneficiar el medio ambiente y la rentabilidad de la industria?
	¿Cómo se realiza el tratamiento de aguas industriales? ¿Cómo se realizó la incorporación de las corrientes de efluentes industriales en la empresa cooperativa? Potencialidades, Problemas.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se incluyeron las preguntas referentes al Plan Estratégico España Circular 2030.

TABLA 3. PREGUNTAS SEMI ESTRUCTURADAS: PLAN ESTRATÉGICO.

Plan Estratégico	<p>Actualmente estamos realizando la investigación referente a como se encuentran involucradas las empresas químicas y más específicamente las petroquímicas del Parque Industrial de Tarragona dentro del Plan Estratégico de Economía Circular. Saben qué es economía circular. Actualmente en España se encuentra bajo revisión el Marco legal bajo el cual las empresas se deben comprometer para tratar de hacer los cambios requeridos para hacer el Cambio de Economía Lineal a Circular. Teniendo entendido el concepto de Economía Circular ¿Cómo consideras que la Empresa está realizando los cambios para dar el paso a la Economía Circular?</p>
	<p>De las estrategias propuestas por el Estado ¿cuál crees que influenciaría más a esta Industria? (Previamente se ha explicado el Plan Estratégico).</p>
	<p>¿En el caso de que esta normativa se apruebe cómo cree que le afectaría a su empresa? ¿Cree que estaría en posición de realizar este tipo de actividad de economía circular? ¿Por qué? ¿De qué dependería la adopción de esta estrategia de economía circular? ¿Qué factores a su juicio cree más relevantes para facilitar la aplicación o el interés de la empresa/industria en la economía circular?</p>

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4, se presentan las preguntas referentes a la Simbiosis Industrial.

TABLA 4. PREGUNTAS SEMI ESTRUCTURADAS: SIMBIOSIS INDUSTRIAL.

Simbiosis Industrial	¿Qué tipo de relación mantienen las empresas actualmente en el polígono? ¿Existe cooperación?
	¿Cómo puede el parque industrial de industrias Petroquímica de Tarragona interrelacionarse para operar en sinergia entre las industrias?
	¿Con cuáles empresas crees que esta industria pudiera tener una interrelación del tipo de Simbiosis Industrial? ¿Qué oportunidad de negocio pudiera darse con la incorporación de la Simbiosis Industrial dentro del Modelo de esta Industria? ¿Crees que se pudiera dar un ejemplo de Simbiosis Industrial dentro del Parque Petroquímico de Tarragona?
	¿Cómo piensas que se vería afectada la empresa desde el punto de vista económico con la incorporación de los modelos de Economía Circular y Simbiosis Industrial?
	¿Qué barreras crees que afectarían para dar el paso a un modelo de Economía Circular y Simbiosis Industrial en esta Empresa? ¿Por qué?
	¿Qué tecnologías se han incorporado dentro de la industria para mejorar desde el punto de vista ambiental el proceso? ¿Cómo ayuda en la mejora del Medio Ambiente la incorporación de tecnología? ¿Qué otras inversiones debe realizar la empresa desde el punto de vista tecnológico para realizar el paso hacia la Economía Circular?

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 5, se incluyeron las preguntas de cierre de la entrevista.

TABLA 5. PREGUNTAS SEMI ESTRUCTURADAS: AUTO ANÁLISIS DEL ENTREVISTADO.

Cierre / Autoanálisis del Entrevistado	¿Hay algún tema que considere relevante que no hayamos preguntado?
	¿Qué piensas que se debería cambiar dentro de la empresa para poder hacer el cambio a economía circular?
	¿Si tendrías que dar algún consejo referente al Plan Estratégico para que sea incorporado, cuál sería?

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, con la información obtenida de las entrevistas, se realizó el análisis respectivo y se contestaron las preguntas de investigación del trabajo, haciendo los contrastes necesarios con la información analizada durante la revisión de literatura.

CRONOGRAMA DE TRABAJO

En la tabla 6 se observa el cronograma de actividades seguido durante la elaboración de este Trabajo Final de Máster.

TABLA 6. CRONOGRAMA DE TRABAJO.

ACTIVIDAD	MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO				
	5 - 11	12-18	19 - 25	26 - 31	2 - 8	9 - 15	16 - 22	23 - 30	1 - 6	7 - 13	14 - 20	21 - 27	28 - 31	2 - 8	9 - 15	16 - 20	21 - 22
Introducción																	
Contexto General																	
Objetivo General																	
Revisión de Literatura																	
Delimitación del Alcance																	
Desarrollo de Metodología: - Orientación Metodológica - Diseño de Trabajo de Campo - Organización del Trabajo -Recolecta de Datos																	
Resultados y Discusión																	
Recomendaciones y Conclusiones																	
Emisión de 1er y 2do Borrador a Tutor																	
Escritura del TFM																	
Emisión de TFM a URV																	
Preparación de Presentación																	
Presentación de TFM																	

Fuente: Elaboración Propia.

RESULTADOS

Tal y como se planteó en la metodología, se realizaron varios pasos para cumplir con los objetivos de este Trabajo de Fin de Máster, a continuación, se presentan los resultados obtenidos del trabajo de investigación.

Durante la etapa de delimitación del caso, se realizó una primera exploración para el chequeo de empresas a nivel nacional, se revisaron páginas Web, Asociaciones y Redes Sociales, de donde resultó que el trabajo fuera limitado a la región de Cataluña, la cual es una de las regiones con mayor crecimiento industrial dentro de la región. Adicionalmente, en el área de Tarragona se encuentra ubicado un importante parque industrial con más de 30 industrias conglomeradas en una asociación denominada La Asociación Empresarial Química de Tarragona (AEQT)

La AEQT, es una asociación conformada por empresas que se encuentran ubicadas principalmente en dos polígonos Norte y Sur en Tarragona, que ocupan 1.200 hectáreas, que incluyen también las instalaciones portuarias. Producen 20 millones de toneladas de diversos productos, principalmente combustibles y plásticos⁷. Se logró hacer contacto con dos empresas de esta zona con la finalidad de determinar el grado de implementación de la economía circular en el sector, verificar su conocimiento del plan estratégico *España Circular 2030*, cooperación entre las empresas y determinación de barreras para la implementación de la simbiosis industrial.

Al revisar las páginas web de las empresas, se observa que muy pocas (máximo 2), incluyen los temas de economía circular dentro de sus sitios web. Sin embargo, sí incluyen informes de sostenibilidad, o al menos un apartado de sostenibilidad y medio ambiente. Las industrias que hacen referencia en el área de economía circular son dos de las más grandes a nivel mundial, y aquí en Tarragona.

⁷ la información de la AEQT se tomó de su página web: <http://www.aeqtonline.com/es/>

En la tabla 7 se recogen las empresas que se encuentran conglomeradas en esta asociación.

TABLA 7. INDUSTRIAS QUÍMICAS ASOCIADAS A AEQT.

#	Empresa
1	Carbueros Metálicos S.A.
2	Dow Chemical Ibérica S.L.
3	Messer Ibérica de Gases SAU
4	Repsol Petróleo S.A
5	Repsol Química S.A,
6	Sarpi Constantí S.L.U.
7	Bertschi Ibérica SL
8	Inovyn España S.L
9	Asfaltos Españoles S.A.
10	Solenis Hispania S.A.
11	LyondellBasell Poliolefinas Ibérica S.L.
12	BASF Española S.L.
13	BASF Sonatrach Propanchem S.A.
14	Covestro S.L.
15	Clariant Ibérica S.A.
16	Compañía Logística de Hidrocarburos CLH,S.A.
17	Dow Chemical Ibérica S.L.
18	ERCROS S.A.
19	Industrias Químicas del Óxido de Etileno, S.A.
20	Nitricomax S.L.
21	Kemira Ibérica S.A.
22	Elix Polymers S.L.
23	Messer Ibérica de Gases SAU
24	Cepsa Comercial Petróleo, S.A.U.
25	Repsol Butano S.A.
26	Repsol Petróleo S.A
27	Sekisui Specialty Chemicals Europe SL
28	Shell España SA

#	Empresa
29	Tarragona Power S.L.
30	Terminales Portuarias S.L.
31	Transformadora de Etileno,AIE
32	Vopak Terquimsa S.A.
33	GRACE, S.A.

Fuente: <http://www.aeqtonline.com/es/>

Como parte de la captación de datos en las industrias se realizaron entrevistas y visita a planta con la finalidad de hacer observación directa e indirecta; con la observación directa se verificó las operaciones de la empresa productora de gases, carga de transporte para distribuir los gases, su red de sistema de control de las operaciones y verificación de la operación en planta en sitio.

De las industrias visitadas, se tiene la empresa A, la cual es un complejo industrial que está formado por dos sub-polígonos de producción: una Planta de Producción de Olefinas (Planta Norte) y una Planta de Producción de Derivados de Etileno (Planta Sur). En las instalaciones de la Planta Norte se encuentran ubicadas las Unidades de Cracker y Octeno, las cuales tienen un diseño de tecnología únicos a nivel mundial. La industria B, está formada por varias plantas de producción de gases como nitrógeno, oxígeno, argón, hidrógeno, dióxido de carbono. Son procesos que tienen pocas corrientes de productos y no tienen emisiones de elementos tóxicos al ambiente. Para el caso de la Planta Productora de Nitrógeno, Oxígeno y Argón su alimentación principal es Aire de la Atmosfera y el servicio industrial de mayor consumo es la electricidad.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos basados en las entrevistas realizadas en las dos industrias químicas.

INDUSTRIA A

Como ya se mencionó anteriormente, la Industria A, es un complejo petroquímico que tiene presencia en los polígonos Sur y Norte. Debido a la diversidad de plantas que la forman y su complejidad tecnológica no se pueden inferir cuantas corrientes de emisiones gaseosas, efluentes industriales y residuos sólidos se presentan en estas unidades. Se tabularon de forma general los productos que se obtienen de esta industria en función de la información obtenida en su página web⁸. Adicionalmente, más adelante en este apartado se presentarán los resultados obtenidos de la entrevista realizada a la persona encargada en esta empresa a ser el vínculo con la Universidad.

⁸ La página web no se referencia directamente para mantener el secreto de confidencialidad con la empresa. Con el mismo objetivo se cambiaron los nombres de los productos.

Como se puede observar en la tabla 8, se presentan los productos obtenidos en la Planta Norte de Producción de Olefinas.

TABLA 8. PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA PLANTA NORTE DE PRODUCCIÓN DE OLEFINAS.

Productos	Aplicaciones
Etileno	Obtención de Etilenos y otros derivados
Propileno	Producción de Polipropileno y otros derivados
Fracción Butano	Mezcla de butanos, butenos y butadienos para la producción de Octeno
Fuel Oil de Pirólisis	Se consume internamente como combustible en hornos

Fuente: Página de Internet de la empresa.

Por otro lado, en la Planta Sur se obtienen los productos mostrados en la tabla 9.

TABLA 9. PRODUCTOS OBTENIDOS EN LA PLANTA SUR DE PRODUCCIÓN DE DERIVADOS DE ETILENO.

Productos	Aplicaciones
Resinas de polietileno de baja densidad	Envases, tuberías y film, entre otras muchas aplicaciones.
Resinas de polietileno de alta densidad	Envases, cajas y contenedores, además de otras aplicaciones.
LEX	Resinas de polietileno lineal de baja densidad industrial: envasado y embalaje.
VERSI	Plastómeros y elastómeros, polipropileno obtenido en proceso de solución: embalajes, industria del automóvil, etc.
AFF	Plastómeros de Poliolefina, polímero obtenido a través de tecnología.
INS	Aplicaciones médicas, embalajes, recubrimientos, calzado, etc.
Polioles	Base de pinturas, poliuretanos para materiales tipo espuma, etc.
Poliglicoles:	Aditivos en procesos industriales.
AFFINITY™ GA	Elastómeros de Poliolefinas: adhesivos termofusibles con aplicaciones en transporte, envase y embalaje, membranas impermeabilizantes, etc.
INTUNE™	Copolímeros de Olefinas: aplicaciones en embalajes, bienes de consumo y transporte.
ENGAGE™	Elastómeros y plastómeros obtenidos a partir de etileno: aplicaciones médicas.

Fuente: Página de Internet de la empresa.

Durante la entrevista se obtuvo información general de la incorporación del término de Economía Circular en esta empresa, explicándonos que los objetivos estratégicos de esta industria son establecidos cada 10 años, y en el período del 2015 al 2025 ya se encuentra

la Economía Circular incorporada como parte de su Plan Estratégico. Nos fueron mostradas varias presentaciones que fueron desde lo general, como por ejemplo, visión de la empresa, hasta lo más específico como lo es el manejo de proyectos en su industria en Tarragona; en esta información, se explicó cómo se planteaban los proyectos específicos, que variable establecía el indicador a mejorar (por ejemplo: disminución de dióxido de carbono, ahorro energético, etc), se evidenciaban los montos de inversión de cada proyecto o si los mismos eran realizados solo como cambios de diseño de procesos sin tener costo asociado a las modificaciones. En el siguiente Reseña 1.1 de la entrevista se verifica con las palabras de entrevistado que en la industria se conoce el concepto de economía circular y que la empresa lo tiene incorporado dentro de sus objetivos.

Reseña 1.1: “Entrev1M: Entonces desde el 2015 al 2025 están incorporando ustedes la toma de la economía circular, ya como concepto.

Resp1H: Si, aquí básicamente lo que tenemos son estos tres pilares, es básicamente a través de estos tres pilares tienes los 7 objetivos que es lo que hemos visto, delivering breakthrough innovation, engagement for impact to communities, world leading operation, luego tenemos aquí, mejorando la naturaleza, ya les explicaré un poco en que consiste, y espera a ver esto, y esto es lo de la colaboración, colaboración evidentemente con organismos internacionales, con el entorno, con todo, y tenemos liderando el blue print, la economía circular y hacer el planeta más sostenible”.

Dentro del marco de la Estrategia España Circular 2030, se realizaron las preguntas establecidas en la entrevista semiestructurada, en donde se conversó acerca del beneficio económico que se obtiene con la implementación de la economía circular. Se habló un poco de las limitaciones presentes actualmente para el establecimiento de progresos en proyectos que requieren soporte gubernamental. En la reseña 1.2 se puede observar cómo se habla de la importancia de los proyectos enmarcados en Economía Circular, teniendo un impacto económico positivo para la industria.

Reseña 1.2: “Resp1H: que puedo hacer yo con mis productos, entonces esa persona, ahora por ejemplo unos disolventes que utilizamos aquí en las plantas de polietileno, tengo un disolvente que cuando lo he utilizado en la planta me sobra, ¿qué hacía antes? Ese disolvente lo cogía y lo llevaba a tratar que básicamente el tratamiento era incinerarlo con lo cual primero tenía que comprar más disolvente y encima tenía que pagar por la incineración, con lo cual tenía dos costes, pues ahora en la planta están trabajando en un proyecto para hidrogenar el producto para volverlo a reutilizar igual no en el mismo proceso, pero en otro subproceso, y bueno pues darle una utilidad.

Entrev1M: ¿Y le estás dando la evaluación económica?

Resp1H: Le estamos dando valor económico, por una parte, reducimos emisiones, y por otra parte tiene un valor económico. Lo que está claro, es decir es evidente que estamos pintando una foto muy rosa, somos una compañía que tiene que hacer beneficio.

Entrev1M: Eso es lo que te iba a preguntar. ¿Es rentable? ¿Realmente tiene rentabilidad?

Resp1H: está claro nosotros creemos que es tremendamente rentable la economía circular sino no estaríamos trabajando en ello, porque lo que está claro es que si nosotros no repartimos dividendos a los accionistas mañana moriremos como una compañía muy ecológica pero que no tiene beneficios, si nosotros sí que estamos viendo que esto tiene rentabilidad de hecho la sociedad cada vez lo va a demandar más y las empresas que no estén funcionando así dentro de unos años tendrán que cerrar, de momento ahora como funciona.”

Por otro lado, en función de las preguntas realizadas referentes al Marco Estratégico, se puede observar como la Industria B está enmarcada dentro de este referente legal.

- **Producción y Diseño:**

Fue explicado que se han estado haciendo ajustes de diseño de procesos, en donde el responsable de cada Planta se encarga de estudiar específicamente los posibles cambios para realizar el ahorro energético, disminución de contaminación a través de emisión o descarga de residuos, incorporación de nuevas tecnologías, seguimiento de indicadores para determinar el avance de Economía Circular en sus Unidades, ver en la siguiente Reseña lo conversado por el entrevistado.

Reseña 1.3: “los proyectos están identificados con una clasificación de ver donde impacta el proyecto, y se va clasificando donde impacta, en algunos proyectos se tiene definido hasta la cantidad y se va colocando en la celda que corresponda. Se compara contra matriz anual y se determina cual será impacto que va a tener, Tarragona tiene un seguimiento general, y las plantas trabajan su seguimiento individual. En función del costo de inversión, si es muy alto y no hay suficiente presupuesto se espera al próximo año. Hay proyectos que son con inversión y otros que no requieren inversión, una mejora de procesos.”

- **Uso de Sub-Productos:** con el cambio de diseños y establecimiento de proyectos la empresa se ve motivada en el reúso de sub-productos, lo cual es parte del Plan Estratégico. En la Reseña 1.4 se observa como el entrevistado menciona el uso de sub-productos en los procesos, sin la necesidad de ser dispuestos como residuos.

Reseña 1.4: “Entrev1H: Como compañía se va a trabajar en seis proyectos importantes que van a proporcionar soluciones en economía circular. Esto no lo medimos nosotros aquí, ni lo vemos. Esto se medirá en Michigan y nos lo dirán; en que nos basamos con esto, pues bueno, eso ya

tenemos objetivos nosotros aquí, tenemos reutilización de by-products, nosotros antes para hacer etileno, pues igual habían otros productos que se producían colateralmente que no se aprovechaban, los quemábamos, ahora ya el objetivo es quemar cero, es el objetivo, reutilizar esos productos, para qué? Bueno depende, estamos, tenemos un departamento de tecnología avanzada, que se trata, trata de buscar utilidades para estos productos que nosotros igual aquí no usamos, pero que en Asia hay una empresa que convierte el no sé qué, pues bueno, ahora lo que está muy de moda es el metanol, con el tema del CO₂, pues bueno que nadie le da importancia, pues bueno ya el metanol, pues todos esos productos que antes no los valorabas, pues bueno ahora los valoramos.”

- **Gestión de Residuos:** los residuos generados son dispuestos de acuerdo a la normativa vigente.
- **Materias Primas Secundarias:** la materia prima utilizada es la establecida por las bases de diseño de cada proceso.
- **Reutilización del Agua:** Para el caso del reúso del agua, esta empresa tiene un plan piloto que ya está instalado. Ver en la Reseña 1.5, como el entrevistado hace referencia acerca de este proyecto.

Reseña 1.5: "Resp1H: En el tema del agua, estamos trabajando, y lo veréis en proyectos tremendamente activos, porque nosotros somos unos consumidores intensivos de agua, no. Bueno que hacíamos antes viniendo a Tarragona. Bueno pues antes en las plantas del polígono norte que es donde más agua se consumía, pues utilizábamos el agua y cuando la utilizábamos por la tubería, la sacábamos por aquí e iba al mar, se analizaba estaba bien, pero era un agua que entre comillas podía tener una utilidad, y bueno ahora ya, pues evidentemente ni se nos ocurre plantear eso, justo ahora estamos en un proyecto, trabajando en un proyecto en el polígono norte para reutilizar toda el agua y procurar. Entrev1M: ¿y está en proyecto o ya está instalado? Resp1M: Este proyecto está en fase piloto y está instalado. Si se puede, pues visitar no lo sé, porque habría que pedir autorizaciones, pero está funcionando en el polígono Norte, sí, este proyecto está funcionando, sí. Entrev1M: ¿Y es cero, es decir retornas todo? Resp1H: Retornamos todo, parte puede ir por ejemplo para torres de refrigeración, depende la utilidad que le quieras dar al agua, es decir no puede ser para consumo humano, evidentemente, pero si que puede ser un agua que puedas reutilizar en torres de refrigeración."

- **Participación y Sensibilización:** como parte de las preguntas de la entrevista, se le preguntó al colaborador, su opinión acerca de que proponía él por hacer en marco al tema de la Economía Circular. Él opinó que lo que se debe dar más la sensibilización e información, tanto a los empleados de la industria como al público en general. La empresa tiene planes de formación y sensibilización en este apartado. En la Reseña 1.6 se presenta la propuesta y hecho en el que está trabajando la empresa.

Reseña 1.6: “Hemos lanzado un tema de concienciación de personas, es un programa porque está muy bien, pero la sensación que nos ha dado cuando hemos ido profundizando en el tema es que todo el mundo cree que esto de economía circular es algo de las empresas, y cuando tenemos reunión, el otro día tuvimos una reunión, somos miembros de todas estas asociaciones, y vinieron esta gente a darnos una charla y las sensación que a uno le da, que nos queda, es que vamos, pues ostras, esto pensábamos que la gente a nivel de calle lo tenía pues muy interiorizado, y la verdad lo que pasa es que no, entonces que estamos haciendo estamos preparando un kit de embajadores de la economía circular como Dow, para ponernos en contacto más que todo básicamente colegios, y vamos a empezar a hacer una labor de formación, igual llegará algo a través de la universidad, pero igualmente creemos que hay que hacerlo en una fase más inicial, más temprana y vamos a hacer una fase de concienciación en colegios por ejemplo.”

- **Empleo y Formación:** el entrevistado hizo referencia de la hace falta motivación y formación entre los empleados en este tema, por lo que se debe trabajar en ese ámbito dentro de su corporación a la que pertenece.

Reseña 1.7: “Resp1H: Me sorprendió que muchos de nuestros empleados que trabajan en la industria no eran conocedores de cómo hay que reciclar y como hay que hacer las cosas cuando empezamos a explicar los proyecto que tenemos”.

Adicionalmente mencionó que hay departamentos de tecnología corporativos, nada más centrados en buscar nuevas tecnologías.

Como último resultado respecto al manejo de la empresa con respecto a Economía Circular, tomando en cuenta el Plan Estratégico, el entrevistado comentó que la empresa no ha realizado las acciones de esta índole motivados a acciones gubernamentales o por instrucciones de administración de España. La empresa se ha involucrado en este tema más bien, desde el marco de la Unión Europea, en donde pertenecen y se han integrado a comisiones de discusión de Economía Circular. En la Reseña 1.8 se puede ver su opinión respecto a este punto.

Reseña 1.8: “Resp1H: la empresa es miembro de la mesa de la Unión Europea que ha definido los proyectos, por lo cual ya lo tenemos incorporados. Hace pocos días estuvo el director comercial de Europa, que fue el que nos dijo además que nuestra

empresa, empujó para que los proyectos se dieran en más corto plazo, otros querían que fueran a más largo plazo. Desde antes que los objetivos estratégicos fueran incorporados en el plan estratégico debido a la participación dentro de las mesas de trabajo en Unión Europea.”

TRABAJO COLABORATIVO DE LAS EMPRESAS – SIMBIOSIS INDUSTRIAL.

En el aspecto de la implementación de la Simbiosis Industrial el entrevistado indicó que se tienen aspectos en donde se ha aplicado la cooperación de las empresas, sin embargo, debido a que cada planta tiene sus características es difícil implementar la simbiosis industrial. De este modo, él dio un ejemplo de lo difícil de realizar la simbiosis industrial.

En la siguiente reseña se puede observar el ejemplo de dificultad de implementación de la simbiosis industrial.

Reseña 1.9: “Entrev1M: Una pregunta, y con respecto a la cooperación que hay con las otras empresas de aquí, de aquí del parque industrial, están, o sea ¿tienen proyectos comunes con las demás empresas para lo de simbiosis industrial? Resp1H: Bueno tenemos la EQT esa asociación, dentro de la asociación de la EQT yo creo que se hace, se está intentando, pero de momento por un tema, el tema energético, por ejemplo, pues hay un departamento donde trata de aunar un poco intereses comunes, tenemos otro departamento donde tratamos, en el que estaba yo antes de logística, pues tratamos de minimizar emisiones de CO2 reduciendo el transporte de productos por ferrocarril o por barco. La verdad, tremendamente complicado porque al final son compañías, somos compañías independientes, es decir, cuál sería el objetivo pues, y mando producto de aquí a Italia y hay otra compañía que manda a Italia pues que utilizáramos medios conjuntos, pero igual ellos resultan que tiene un acuerdo con una Naviera que sale de Valencia y yo tengo con una Naviera que sale de Barcelona, bueno es complicado si tratamos de hacer”

Por otro lado también, explicó un ejemplo de colaboración entre las industrias del parque industrial de Tarragona, que fue la construcción de un rack para canalizar tuberías, lo cual tuvo un impacto positivo debido a que se disminuyó el uso de transporte industrial en las vías, lo cual redujo consumo de combustibles y cantidad de vehículo en las vías.

Reseña 1.10: “Resp1H: Es complicado porque son compañías independientes. Un ejemplo de cooperación es el rack, es un rack de tubería, hemos eliminado miles de camiones en las carreteras que antes salían de todas las fabricas para distribuir productos, pues ahora tenemos un rack de tuberías en el polígono sur por lo menos que distribuye el producto por tuberías y está conectando todas las empresas del polígono con el puerto y con otras empresas.”

BARRERAS TECNOLÓGICAS O LEGALES PARA LA COOPERACIÓN ENTRE EMPRESAS Y/O IMPLEMENTACIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR.

Se conversó un poco acerca de cómo ve las limitaciones en la implementación de la economía circular. En la Reseña 1.11, se evidencia que el entrevistado siente que hay limitaciones debido a la situación política del país.

Reseña 1.11: “EntrevIH: ¿Y aquí justo en este aspecto la administración es más promotor o es más freno?”

RespIH: No sabría decirte. En estos momentos digo no he tenido la gran suerte o la gran desgracia, por llevar poco tiempo todavía no me ha llegado el problema. Yo las reuniones que he asistido que, de momento, todo lo que he oído en el momento ha sido negativo, ¿por qué? Pues porque estamos en un momento en el que hay una situación en donde no tenemos gobierno local, no tenemos gobierno casi, o bueno no tenemos directrices estatales o sea como país somos un desastre energético pero un desastre, que es coyuntural, pues no lo sé, yo ya llevo poco tiempo en esto, pero desde ahora lo que he visto, es que hemos ido dos o tres veces a Madrid al Ministerio y no hay nada; y el otro día cuando fuimos que íbamos a Barcelona vamos a la Generalitat no hay un Ministerio de Energía, no hay un Departamento de Energía, ¿con quién hablas del tema de energía? No hay nadie, digamos que la administración de momento no puede ser un freno, pero no es una ayuda.”

INDUSTRIA B.

La Industria B, está formada por una planta de producción de gases y otra de producción de Hidrogeno; estas dos plantas se encuentran ubicadas en Tarragona como ya se ha mencionado anteriormente. Es importante resaltar que dentro de la planta productora de gases, se tiene una sala de control que permite monitorear las diversas empresas que conforman el conglomerado de plantas de esta transnacional a nivel nacional.

Las corrientes obtenidas en sus procesos pueden ser resumidas en la tabla 10.

TABLA 10. CORRIENTES PLANTA PRODUCTORA DE GASES.

	Corriente	Tipo de Producto	Uso
Producción de Nitrógeno	Nitrógeno de Alta pureza.	Principal	A la venta para uso en complejos refinadores, petroquímicos e industria en general.
	Oxígeno	Principal	Uso Hospitalario
	Argón.	Principal	
	Purga de Agua de Enfriamiento	Sub-Producto	Es enviado a la red de recolección de efluentes del Parque Industrial
	Purga de Gases No Tóxico provenientes del aire.	Emisiones	Son emitidas a la atmosfera.
	Desechos	No se produce un residuo industrial sólido.	No se producen desechos.
Planta de Hidrógeno	Hidrógeno	Principal	Hidrotratamiento en refinería.
	Dióxido de carbono	Secundario con Uso	Uso en industria de bebidas.
	Vapor	Secundario con Uso	En venta a refinería.
	Efluentes	Desechos o Residuos	Es enviado a la red de recolección de efluentes del Parque Industrial
	Emisiones	Desechos o Residuos	Controladas en especificación

Fuente: Página de Internet de la empresa.

La Planta productora de Hidrógeno tiene como alimentación principal Gas Natural y Agua. En la tabla 11 se presentan las corrientes principales de salida de esta planta.

TABLA 11. CORRIENTES PLANTA PRODUCTORA DE HIDRÓGENO.

	Corriente	Tipo de Producto	Uso
Planta de Hidrógeno	Hidrógeno	Principal	Para hidrotreatmento en refinería.
	Dióxido de carbono	Secundario con Uso	Uso en industria de bebidas.
	Vapor	Secundario con Uso	En venta a refinería.
	Efluentes	Desechos Residuos	Es enviado a la red de recolección de efluentes del Parque Industrial
	Emisiones	Desechos Residuos	Controladas en especificación

Fuente: Elaboración propia.

Durante la entrevista se obtuvo información muy específica del proceso industrial ejecutado en esa empresa, en donde casi la totalidad de sus corrientes tienen un uso definido de productos con valor comercial. También se nos explicó que esta empresa tiene 45 instalaciones a nivel de España las cuales son monitoreadas junto con 81 hospitales a los que se les suministra Oxígeno medicinal, ver Reseña 2.1.

Reseña 2.1: “*ResplH: que operan tantas instalaciones como 45 instalaciones, remotamente, de proceso, de fabricación de productos y luego monitorizamos también las alarmas en las instalaciones de los hospitales que carburos metálicos controla digamos, tanto como 81 hospitales. Es decir, las instalaciones que están en los hospitales, no sé si han dado cuenta, no se han fijado. El tema de los gases medicinales, sobre todo el oxígeno, que se utiliza mucho, para respiraciones asistidas, para quirófanos, etc, para inertizar elementos, una parte es el producto que se suministra, para luego alimentar a todas las habitaciones todo eso, y otra parte es para la instalación propiamente dicha que son todos aquellos monitores y valvulitas que hay en las camas, si algún día vais, y te fijais y veréis ahí el anagrama del Pues bueno, como decía hay una serie de instalaciones, que Carburos es el responsable del mantenimiento y del aprovisionamiento de los productos y monitorizando todas esas instalaciones que están al 100% del tiempo controladas. Volviendo al tema de la remotividad de las plantas, desde aquí he dicho que operamos 45 instalaciones, de las cuales 4 son prácticamente como esta que no hay nadie, están solas a nivel de operaciones, si que hay gente para hacer mantenimiento, eh, de lunes a viernes, de forma normal de 8 a 5 de la tarde, pero 2 o 3 personas, tampoco más.*”

La mejora a recomendar para esta empresa y poder tener un proceso casi cerrado, es referente con el reúso de la purga del agua de sus torres de enfriamiento; el agua puede ser usada para regadíos, de servicios para lavabos o puede ser enviada para uso a otra de las empresas que se encuentren en su cercanía; con esta solución pudiera manejar cero perdidas de efluentes.

Este es un caso en donde el personal que nos atendió nos informó que no manejan el concepto de economía circular como proyecto abierto o mencionado con ese nombre en la empresa; sin embargo, es una empresa en donde el diseño de la planta fue pensado para valorizar todas sus corrientes de productos solo obteniendo una corriente de desecho que es la purga de agua de las torres de enfriamiento.

A lo largo de la entrevista fueron respondidas parte de las preguntas de investigación planteadas en este trabajo. Se evidencia que hay un trabajo con respecto al concepto de sostenibilidad, la empresa ha recibido varios nombramientos en esta área; a continuación se muestran los diferentes reconocimientos hechos desde el punto de vista de sostenibilidad⁹:

- Índice de sostenibilidad Dow Jones dentro del grupo de las primeras 20 empresas de su grupo con respecto a su desarrollo sustentable.
- Índice de sostenibilidad Ethibel Sustainability Index (ESI) Excellence Global desde el 19 de marzo de 2018.
- Lista de las 100 mejores empresas en responsabilidad corporativa para la revista CR en 2017.

Sin embargo, con respecto a los conceptos de Economía Circular, y difusión del plan Estratégico se observó que no había conocimiento de esa normativa ni de los conceptos.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en base del planteamiento del plan estratégico en función a la entrevista en profundidad realizada.

- **Producción y Diseño:**

Se observa que esta empresa tiene diseños industriales que permiten emplear un modelo casi circular, debido a que sus corrientes de productos resultantes todas tienen un uso comercial específico. Este apartado va en convergencia con el lineamiento del plan estratégico de mantener ecodiseños enfocados a economía circular.

Alto desarrollo de la industria 4.0. Esta planta presenta uso intensivo de tecnología con una sala de control desde donde se maneja y controla el proceso, y adicionalmente controlan las operaciones de forma remota de otras 45 plantas industriales de producción de gases con diversos usos como industrias químicas, de producción de partes automotrices, etc. Por otro lado, monitorizan el uso de

⁹ La página web no se referencia directamente para mantener el secreto de confidencialidad con la empresa.

oxígeno en hospitales y centros médicos en donde ofrecen sus servicios. En función a la entrevista realizada obtuvimos la siguiente reflejada en la Reseña 2.2.

Reseña 2.2: “Pues bueno, como decía hay una serie de instalaciones, que Carbueros es el responsable del mantenimiento y del aprovisionamiento de los productos y monitorizando todas esas instalaciones que están al 100% del tiempo controladas. Volviendo al tema de la remotividad de las plantas, desde aquí he dicho que operamos 45 instalaciones, de las cuales 4 son prácticamente como esta que no hay nadie, están solas a nivel de operaciones, si que hay gente para hacer mantenimiento, eh, de lunes a viernes, de forma normal de 8 a 5 de la tarde, pero 2 o 3 personas, tampoco más.”

Se verificó con la visita a planta los procedimientos de auto abastecimiento de los productos. Tienen un procedimiento fácil que el conductor del transporte del producto puede auto abastecerse prácticamente sin soporte de las personas que operan la planta.

Por otro lado, se constató una planta completamente señalizada, con altos valores de limpieza y orden.

- **Gestión de Residuos:** En este proceso industrial no se generan residuos sólidos. Las emisiones a la atmosfera son controladas y el fluente líquido también está controlado tomando en cuenta las especificaciones establecidas en la normativa legal.

- **Materias Primas Secundarias:** No hay manejo de materias primas secundarias, la alimentación de la planta se hace con aire tomado del medio ambiente. El único punto donde se pudiera hacer mejora de este tipo, es en el autoabastecimiento de electricidad con alguna fuente renovable, con la finalidad de disminuir el consumo de energía eléctrica del sistema eléctrico nacional.

- **Reutilización del Agua:** Se pudo verificar que se puede hacer reúso del agua proveniente de las purgas de las torres de enfriamiento, que actualmente son direccionadas al manejo general de efluentes de procesos de las aguas provenientes de los centros industriales de Tarragona. Para el caso del vertido de agua se obtuvo la siguiente respuesta, en donde se indica que no hay reúso. Ver Reseña 2.3.

Reseña 2.3: “El agua que nosotros usamos en esta planta es pura y dura para refrigeración, no la utilizamos en ningún proceso, en ninguna parte del proceso; entonces la carga contaminante que pueda llevar esa agua es mínima únicamente lo que lleva es la concentración que pueda tener de cloruros o la alcalinidad o los digamos, los productos que tu hechas para mantener un agua limpia par que no haya incrustaciones en los procesos, etc. Entonces como el circuito es torre de refrigeración por evaporación pues hay una evaporación, y tienes que ir

alimentando constantemente la parte de agua, entonces el agua lógicamente nosotros le hacemos unos controles para no pasar los límites que permiten, que tenemos en la autorización ambiental, para y, luego vertemos, nuestra agua la vertemos en el; polígono norte, ... ,el polígono petroquímico, tiene una balsa donde vertemos todas las aguas de la industria petroquímica, ..., vertemos en una balsa que se llama balsa de petroquímica, y de ahí se vierte a través de un emisario que se le llama el emisario submarino porque acaba en el mar, pues hay una canalización, una conducción porque es una tubería, ..., el agua que nosotros vertemos en esa balsa lo que hace es ayudar a diluir la carga contaminante que lleva el resto de la industria petroquímica, porque claro como la nuestra está muy bien, pues, diluye el agua de los procesos de los otros que llevan más carga contaminante.”

- **Participación y Sensibilización:** Se debería hacer un plan de sensibilización e información de promoción del Plan Estratégico España Circular 2030, con la finalidad de mantener informados a los empleados de este aspecto. El cambio de una economía lineal a circular vendrá dando en su mayoría por conocimiento y sensibilización de la población en general. Se les realizó la pregunta acerca de si han sido informados acerca del plan estratégico España Circular 2030, y explicaron que no tenían información por parte de la empresa de este tema. En la Reseña 2.4 se presenta lo comentado en la entrevista.

Reseña 2.4: “Entrev1M: ¿Y el tema de la economía circular, aquí han tenido difusión del tema de la economía circular, lo del planteamiento este del plan España Circular 2030? Resp1H: Aquí a nosotros claramente no nos han dicho nada de esto, yo lo he escuchado porque lo he leído y tal, o tengo algo de noción de eso, no mucha tampoco, pero no directamente a nosotros en la fábrica no nos han dicho a nosotros nada.”

- **Empleo y Formación:** La formación debería venir enlazada con la recomendación incorporada en la sección de Participación y Sensibilización.

TRABAJO COLABORATIVO DE LAS EMPRESAS – SIMBIOSIS INDUSTRIAL.

Como resultado de la entrevista realizada, nos fue informado que estas empresas en varias de sus plantas industriales instaladas a nivel nacional, operan como alianzas (*Joint Venture*), en donde fueron creadas empresas en asociaciones con sus competidores. Dentro de estas asociaciones alguna de la empresa aporta su tecnología para el diseño del proceso a usar; este diseño a pesar de que es usado dentro de la asociación, es resguardado por ser patentes desarrolladas por una de las empresas. En la asociación se comparten costes de diseño, instalación de las plantas y su operación.

En la Reseña 2.5, podemos verificar lo comentado por el entrevistado relacionado al objetivo de la empresa.

Reseña 2.5: *“Resp1H: En cuanto a lo que es ella, más localmente respecto a lo que es España pues en España tenemos varias fábricas pues distribuidas estratégicamente en toda la geografía para suministrar los productos que nosotros fabricamos que quizás tenía que haberlo dicho al principio, lo que fabricamos en esta fábrica, es oxígeno, nitrógeno y argón, que son gases derivados del aire para múltiples aplicaciones. Cualquiera de los gases tiene muchísimas aplicaciones, en el sector médico, sector industrial, sector alimentario, eh además de este tipo de tecnologías para fabricar estos gases, también tenemos una fábrica que fabrica hidrogeno que básicamente es para suministro por tubería a la refinería de Repsol en Tarragona para el Hydrocracker, fabricamos también CO2, para todo lo que es la aplicación de bebidas gaseosas, etc, y luego otra serie de mezclas de gases que se hacen en las plantas de envasados que tenemos.”*

Bajo el concepto de simbiosis industrial se pueden identificar dos actividades:

1. Uso de red común para el tratamiento de efluentes industriales: la purga de agua de enfriamiento es enviada por una red común para ser tratada por una empresa especializada junto con los demás efluentes de las diferentes industrias que se ubican en el parque industrial de Tarragona.
2. En función a parte de lo comentado en la Reseña 2.5, la planta de hidrógeno que es operada como un ente externo de la refinería para hidrotreatar una de sus corrientes, para convertirla en un producto de alto valor agregado para la venta. El hidrógeno es un insumo que es obtenido por plantas que son clasificadas como Unidades Auxiliares a Procesos; muchas veces estas unidades se encuentran dentro del alcance interno de la refinería, sin embargo, en este caso la incorporación de esta unidad auxiliar fue incorporada en el esquema como un insumo externo, de una empresa en cooperación, que en este caso es la empresa A y que le proporciona Hidrógeno. Dentro del esquema de procesos de las Unidades de Producción de Hidrógeno y debido a que la exotermicidad o producción de energía dada en las reacciones químicas del proceso, se tiene una alta producción de vapor de alta presión. En el caso de esta planta, el vapor producido como subproducto, es vendido a la refinería de igual forma que el hidrógeno. En la Reseña 2.6 se observa cómo se evidencia la venta del subproducto de la planta de producción de hidrogeno a la refinería.

Reseña 2.6: “Resp1H: El vapor se lo vendemos a Repsol. Entrev1M: Entonces le venden el hidrogeno y le venden el vapor.”

Barreras Tecnológicas o Legales para la cooperación entre empresas y/o implementación de economía circular.

En función a la información recolectada en la entrevista, se verificó que esta empresa trabaja de forma colaborativa con las demás, con uso de asociaciones estratégicas en algunos casos y envío de sus efluentes industriales a una red común. No se evidenció barreras desde el punto de vista de usos de tecnología más que las impuestas por el manejo de patentes de procesos industriales que es lo común en este tipo de plantas de procesos. En la reseña 2.7, se observa que el entrevistado menciona un poco acerca de las asociaciones estratégicas de este tipo de empresas.

Reseña 2.7: “Resp1H: Además, tenemos otra forma de trabajar con la competencia que es el ser socios, además de competidores socios, que es que, en algunos casos hay fabricas que están participados por varios competidores.”

Sin embargo, estas sinergias no están dadas en función a economía circular o simbiosis industrial, son solo estrategias empresariales para operar en algunos sitios.

DISCUSIÓN

Luego de realizar la revisión bibliográfica, se observa que actualmente en España se dan las condiciones para establecer proyectos de economía circular y simbiosis industrial. Se observó que se ha iniciado el establecimiento de las condiciones dentro del país para consolidar la implementación de estos modelos. Uno de los pilares fundamentales es la emisión de un Plan Estratégico que indica las directrices enmarcadas en un período de tiempo, el cual fija el 2030, como el momento en que las industrias dentro del territorio español deberían estar en una fase madura con los esquemas de economía circular consolidados.

De acuerdo a Chertow & Park, (2015), quienes toman como referencia a China, como uno de los países más evolucionados en temas de economía circular y simbiosis industrial, indican que una de las características que más favorecen ese país es el apoyo institucional constante desde hace ya varios años. La investigación llevada a cabo por estos autores realizando análisis desde el 1999 y hasta el año 2014, indican que China es el país que ha tenido más desarrollo de investigación en esta área.

Uno de los factores que más impulsa el desarrollo de los parques Eco-Industriales, fortalecimiento de economía circular y desarrollo de simbiosis industrial es el rol del gobierno como promotor ofreciendo ayudas financieras a las industrias. (Yu et al, 2014b via Chertow & Park, 2015). Tomando en cuenta este precedente, de que el gobierno español está estableciendo los cimientos de la economía circular, se puede constatar, que es el momento para que España asuma el reto de promover a conciencia el Modelo de Economía Circular.

Se realizaron dos visitas a dos empresas muy diferentes desde el punto de vista organizativo y tecnológico. La Industria A, es una empresa que tiene dos sub-polígonos con plantas para la obtención de productos petroquímicos, con tecnologías de alta complejidad dentro de sus procesos de producción. Dentro de su categoría, esta empresa es una de las más importantes a nivel mundial, es una referencia en las industrias químicas, y la misma tiene dentro de los objetivos estratégicos de su corporación a nivel mundial la economía circular. Este basamento fue comprobado durante la entrevista y por otro lado haciendo una revisión en su página web, se observó que este concepto está incorporado dentro de sus directrices u objetivos estratégicos en el lapso de tiempo conformado entre el 2015 al 2025. Por otro lado, la Industria B, es una empresa que está consolidada a nivel mundial y catalogada dentro de las industrias de producción de gases para diferentes usos. Se puede contrastar en esta empresa que mediante el resultado obtenido con la entrevista y por medio de la revisión de su página web, que hay fuertes indicadores de sus actividades para promover la sostenibilidad, sin embargo, no se observa que estén implementando la economía circular como concepto o estrategia dentro de sus operaciones.

En función a los resultados de las entrevistas, revisión bibliográfica, verificación de páginas web, redes sociales, y contactos con asociaciones, se procederá a contestar los objetivos planteadas en el marco de este Trabajo de Fin Máster.

1. ANALIZAR A PARTIR DE LA PROPUESTA DEL MARCO NORMATIVO ACTUAL, SU ALINEACIÓN CON LOS PLANTEAMIENTOS ESTRATÉGICOS DE LAS EMPRESAS RESPECTO AL DESARROLLO DEL NUEVO MODELO CIRCULAR. TANTO EN EMPRESAS QUE YA COMENZARAN A FORMAR PARTE DE ESTE NUEVO MODELO COMO EN LAS QUE NO.

El marco estratégico, es un planteamiento que permite sentar las bases dentro del estado español para que las empresas inicien o profundicen en el modelo de Economía Circular. Analizando estas dos empresas que, aunque están en el parque industrial en Tarragona, poseen características muy diferentes en su desempeño. Las dos empresas tienen como estrategias de sostenibilidad operar tomando en cuenta las tres dimensiones: Social, Medio Ambiente y Económico. A continuación, se muestra el análisis en función de los pilares del plan Estratégico presentado en *España Circular 2030*.

- Producción y Diseño

La Industria A, es una empresa que lleva ya varios años ejecutando sus actividades tomando en cuenta un marco de operaciones, que ha incorporado dentro de sus objetivos estratégicos la Economía Circular. Esta industria se caracteriza por pertenecer a los grupos de discusión de la Unión Europea de Economía Circular, y la cual opera sin tomar en cuenta el plan estratégico español, porque simplemente está trabajando en este marco desde antes de la propuesta de lineamientos del estado español. Es una empresa que marca el camino y tendencias dentro de la implementación de la economía circular. Es determinante mencionar, que una de las principales motivaciones para esta empresa, es que detrás de la implementación de la economía circular hay un beneficio económico comprobado desde el punto de vista de fuentes investigativas como la de Zuin, (2016), y mencionado por el entrevistado durante la reunión cara a cara establecida.

Por otro lado, se indicó que, a pesar de que el gobierno haya iniciado de alguna forma la apertura del camino para la economía circular, la fuerte inestabilidad política en España perjudica los esfuerzos incluidos dentro del desarrollo de esta estrategia. Tal y como se ha venido comentando a lo largo de este trabajo, uno de los pilares fundamentales y determinantes en la consolidación de la economía circular es el apoyo del gobierno aplicando y legislando medidas que ayuden a las industrias a realizar los cambios necesarios dentro de las mismas; como concepto desarrollado en la bibliografía se define capacidad institucional (Q. Wang et al., 2017, p.1573).

Para el caso de Industria B, se observó que es una empresa en donde no se mencionan los conceptos de economía circular dentro de la industria (verificado con la entrevista, y a través de su página web); sin embargo, los diseños de sus procesos permiten, darle uso definido y comercial a cada una de sus corrientes. Los únicos puntos de mejoras que se

observa que pudiera recomendarse, es el desarrollo de autoabastecimiento eléctrico a través de alguna fuente renovable y la incorporación de reúso del agua de la purga de las torres de enfriamiento que pudiera ser usada nuevamente; actualmente la corriente de agua de desecho se dispone dentro de la red de vertidos líquidos del parque industrial de Tarragona.

Estas dos empresas son claro ejemplo de industrias que forman parte ya del concepto de economía circular y otra que no. La Industria A, se observa que tiene gran tendencia a poder alcanzar la profundización al modelo de economía circular, motivado a que tienen incorporados dentro sus objetivos de trabajo diario: el seguimiento de proyectos de mejoras de los procesos basados en la medición de variables y optimización de los recursos, supervisión desde las gerencias corporativas de la empresa, y medición del impacto económico de estas propuestas de cambios de procesos (baja complejidad) o implementación de desarrollo tecnológico (alta complejidad).

Los cambios de baja complejidad, tienen que ver con todas aquellas modificaciones que no requieran inversión de capital, sino solo cambios que puedan ejecutarse realizando modificaciones en sus variables operacionales o de alineaciones de corrientes dentro del proceso. Por otro lado, los cambios de alta complejidad, son todos aquellos que tienen que ver con implementación de nuevas tecnologías, la mayoría de las veces patentadas, las cuales requieren alto costo de inversión por la instalación de tecnología que viene dada por la incorporación de nuevos equipos dentro de los esquemas de procesos.

La Industria B, no tiene incorporado los conceptos de economía circular, sin embargo, se puede percibir que, debido a sus procesos de producción, la misma posee una complejidad tecnológica menor, por lo tanto, es posible mediante la previsión de tener un diseño optimizado desde el punto de vista de procesos y adjudicando un uso comercial a todas sus corrientes, operan como una empresa con un desempeño de economía circular. Esta empresa solo tendría que desarrollar, algunas evaluaciones para determinar los puntos de mejoras que permitan operar bajo los preceptos de las 3 R's de la economía circular: Reúso, Reducción y Reciclaje.

Para el caso de la Industria A, ya tiene implementadas dentro de sus estrategias operacionales la incorporación de proyectos que permiten el reúso de subproductos dentro de sus procesos, tal y como es indicado en la Reseña 1.2. La industria B, tiene un uso comercial definido para cada una de sus corrientes obtenidas en procesos.

Adicionalmente dentro del renglón de Producción y Diseño, se observa el tema de la incorporación de la Industria 4.0. Tanto la Industria A como la B, muestra un alto uso de tecnología de la información. La Industria A, debido a su tipo de procesos complejos, se requiere una alta automatización para ejecutar las operaciones. En el caso de la Industria B, tiene como estrategia operacional, el seguimiento y control de sus empresas localizadas en Tarragona y a lo largo de todo el territorio español por medio de la automatización.

- **Gestión de Residuos**

Las dos industrias realizan el manejo de residuos siguiendo la normativa del estado. La Industria A, produce más desechos que la Industria B motivado al alcance y tipo de operaciones en Tarragona.

La industria A tiene generación de residuos industriales y del área administrativa. Para esta industria, no se tiene suficiente información del tipo de desechos industriales generados.

Para la industria B, se tiene menos generación de desechos industriales, que vendría dada más que todo por los generados en cambios de consumibles en las plantas, esto en caso de que haya cambios de adsorbentes, catalizadores, partes de algún equipo, etc. El otro tipo de desecho obtenido es el resultante de las actividades en su edificio administrativo.

Se observó que ambas empresas siguen las normas ambientales para la disposición de desechos. Por lo que, en este ámbito, el gobierno debe realizar las actualizaciones a su lineamiento legal, tal y como es indicado en el Plan Estratégico para el manejo de desecho en caso de que sea requerido.

- **Materias Primas Secundarias / Subproductos**

El uso de materias primas secundarias no puede ser claramente definido con la información obtenida, se debería tener una visita en sitio con un tiempo más extendido para poder realizar una evaluación más exhaustiva de este renglón del plan estratégico.

Para el caso de la Industria B, no necesita uso de materias primas secundarias; para la producción de Nitrógeno, Oxígeno y Argón, se requiere como materia prima, Aire tomado libremente de la Atmósfera. Para el caso de la Producción de Hidrógeno la materia prima es gas natural y para la producción de vapor se requiere agua desmineralizada, que para este último se refiere a un sub-producto de procesos.

- **Reutilización Del Agua**

La industria A, tiene incorporado un proyecto piloto para el reúso de agua procedente de las torres de enfriamiento, con este tipo de procesos, tienen un ahorro potencial en consumo de agua fresca y disminución de vertidos líquidos en el sistema de manejo de efluentes industriales, cuyo coste de uso debe venir calculado en flujo de agua tratado. La industria B, debería incorporar como mejora un proceso de reúso de agua como el que tiene la industria A, con la finalidad de tener un proceso prácticamente circular.

- **Participación Y Sensibilización / Empleo Y Formación**

Como otro planteamiento necesario, es establecer y promover las campañas de sensibilización a los empleados de las industrias, pero particularmente al público en general. Se requiere un cambio en el patrón de consumo que definitivamente viene marcado y precedido por un cambio en los paradigmas y comportamiento la sociedad. Este planteamiento enmarcado en la sensibilización, se ve incentivado debido a la auto evaluación que hace uno de los entrevistados al cierre de la actividad, que es la necesidad de difundir información dentro de los empleados y de la comunidad; él indica en su disertación que como experiencia del plan de comunicación que promueve la empresa, muchos de los asistentes, no tenían idea de cómo realizar actividades de reciclaje y de cómo hacer la toma de decisiones para comprar productos cuya elaboración haya sido realizada desde un punto de vista responsable y sostenible. Una de las preocupaciones del entrevistado, es que a pesar de haber empleados trabajando dentro de una empresa que se enorgullece de tener dentro de sus objetivos estratégicos la economía circular, estos trabajadores no tengan claro la necesidad de cambio de pensamiento.

Adicionalmente, en vista de que el entrevistado en la Industria B no estaba informado de los planteamientos del plan estratégico del gobierno, y el otro entrevistado de la Industria A, conocía los conceptos, pero indica que no han recibido una directriz directa por el gobierno para ejecutar los planteamientos, se verifica que existe un déficit de información y de promoción del plan estratégico proveniente de los entes gubernamentales; este resultado se obtuvo, tanto en empresas consolidadas en el uso de la economía circular como en las que no.

Finalmente se puede observar que las empresas operan bajo un modelo sostenible, ejecutan operaciones que siguen lineamientos de economía circular, sin embargo, este desempeño viene dado por estrategias empresariales dictadas desde su corporación y no delimitadas por el gobierno para seguir el plan estratégico.

2. ANALIZAR EL POTENCIAL DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y DE CONOCIMIENTO ENTRE EMPRESAS (SIMBIOSIS INDUSTRIAL) COMO MEJORA DE LA COMPETITIVIDAD Y LA IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS OPORTUNIDADES DEL MERCADO DENTRO DEL MODELO CIRCULAR.

Fue importante para responder esta pregunta de investigación, el haber hecho las entrevistas a dos empresas diferentes, caracterizadas de acuerdo al tipo de operaciones y su tamaño.

Al realizar el contraste entre las dos empresas, se observa, que existen más limitaciones de realizar intercambios y sinergias entre las empresas de mayor complejidad que en las de menor complejidad. La Industria A indicó, que existen complicaciones en desarrollar estas sinergias o actividades de cooperación, debido a que muchas veces, ya tienen fijados acuerdos comerciales, que delimitan sus operaciones. Sin embargo, se mencionó el rol de la Asociación de Industrias Químicas en Tarragona, desde donde se deberían promover estos proyectos de interrelación entre las industrias.

Desde otra perspectiva, se observa el funcionamiento de la Industria B, la cual dentro de sus experiencias está la de cooperación entre las pocas industrias de su sector, no llegan al resultado de tener una simbiosis industrial, pero de acuerdo a la disertación y revisión en páginas web, se puede evidenciar que tienen menos barreras para establecer las actividades de cooperación. Para finalizar este concepto, se puede ver que mientras menos compleja la industria es más fácil establecer actividades de cooperación y de simbiosis industrial.

En el caso de la Industria B, la cooperación entre las empresas del ramo les permite establecer nuevas oportunidades de mercado, a través del establecimiento de asociaciones estratégicas, que promueve el intercambio de experiencia entre las empresas. Aunque no se compartan los secretos de confidencialidad enmarcados en la tecnología instalada, el hecho de que las dos empresas compartan conocimientos de operación y de mantenimiento de las plantas, representa un beneficio común mejorando su competitividad.

Uno de los aspectos relevantes, obtenidos de la entrevista de la Industria B, fue conocer el acuerdo que hacen estas industrias con respecto a la venta de sus productos; cuando una de ellas tiene localizada su planta de producción cercana a clientes de la otra empresa, muchas veces es más rentable para la empresa comprar a la Industria productora que se encuentra a poca distancia de su cliente y entregarlo al precio de venta impuesto en sus contratos. Este tipo de actividades permite a la empresa que se encuentra lejos, disminuir en costos de logística, lo cual es favorable, desde los tres ámbitos de la sostenibilidad: social, porque hay menos tráfico de transporte industrial en las vías lo cual no afecta el tránsito de los habitantes, disminución de emisiones ambientales motivado a la circulación del transporte, y ahorro económico que debe estar justificado para operar con esta estrategia.

La transferencia tecnológica dentro de las industrias químicas, se dificulta debido a que el uso de tecnologías viene dado por el pago de patentes industriales, que están

enmarcadas por acuerdos de confidencialidad firmados entre la industria que usa la tecnología y la que lo diseña. La sinergia debe venir dada fundamentalmente por los procesos de interconexiones e intercambio de productos y subproductos.

De acuerdo al trabajo de Gibbs (2005), resulta que con la implementación del modelo circular se tiene una serie de beneficios que resultan en lo económico, ambiental y social. En donde las mejoras sociales vienen dadas por la creación de nuevos empleos y las ambientales porque se opera bajo un ambiente más responsable. El beneficio económico está comprobado y contabilizado de acuerdo al trabajo de Zuin (2016), en valores de más de 600 Billones de dólares americanos para empresas con modelos de economía circular consolidados.

3. IDENTIFICACIÓN DE BARRERAS TÉCNICAS Y LEGALES QUE PUEDAN DIFICULTAR LA INVERSIÓN EN NUEVAS ÁREAS Y TECNOLOGÍAS EMERGENTES, ASÍ COMO LA IMPLICACIÓN DE TODOS LOS AGENTES NECESARIOS PARA EL CAMBIO AL MODELO CIRCULAR DENTRO DEL NUEVO MARCO NORMATIVO.

Existen diferentes promotores y barreras que permiten fomentar la implementación de la Simbiosis Industrial. De acuerdo a Walls y Paquin (2015), en la tabla 12 se muestran los diferentes impulsores o barreras que afectan la implementación de la simbiosis industrial.

TABLA 12. IMPULSORES Y BARRERAS DE LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL.

<p>ANTECEDENTES Localización / Proximidad. Regulaciones Gubernamentales. Diversidad de Actores. Estrategias comunes, creencias y alineaciones. Razones Económicas</p>	<p>PROMOTORES Intermediarios, coordinadores, líderes. Confianza y apertura. Creación de conocimiento y transferencia tecnológica. Cultura, mentalidades. Lazos sociales y de redes.</p>
<p>LIMITACIONES Poder, estatus y asimetrías. Mucha diversidad. Salida de personal o cambio en las direcciones. Costo, riesgo. Regulaciones ambientales muy restrictivas. Falta de confianza.</p>	<p>CONSECUENCIAS Innovación. Beneficios compartidos: ambientales y económicos. Aprendizaje. Efecto Dominó.</p>

Fuente: Walls and Paquin, 2015, p.36.

En primer lugar, lo que se quiere resumir en la tabla 12, es definir cuáles son los factores que facilitan la implementación de la simbiosis industrial, esto se ve mencionado dentro de la sección de antecedentes; luego se observan, cuales son los factores que generalmente promueven el crecimiento de la simbiosis industrial que en este caso quedaría clasificado dentro de los promotores y, por último, se encuentra cuáles son las barreras principales, las cuales quedan establecidas en la sección de limitaciones.

En función de los dos tipos de industrias analizadas en este trabajo, en donde una de ellas es una industria con procesos de generación de gases que tiene una complejidad tecnológica definida, pero distribuida en varios sitios de la geografía española, y por otro lado se tiene una empresa con una gran cantidad de plantas de alta complejidad tecnológica, distribuidas en España en 3 centros situados en Tarragona, Ribaforada y Tudela (Navarra). Sin embargo, la de Tarragona es la que posee el complejo más grande de unidades petroquímicas y es la que actualmente se encuentra bajo estudio en este trabajo.

Así como estas dos empresas, podemos observar en Tarragona, que hay una gran variedad de empresas, de las que podemos contar las que se encuentran adscritas a una de las

asociaciones de la industria química más importantes de este parque industrial ubicado en Tarragona. La Asociación Empresarial Química de Tarragona, está formada por aproximadamente 30 empresas. Estas se encuentran, principalmente, en dos polígonos Norte y Sur, que ocupan 1.200 hectáreas, que incluyen también las instalaciones portuarias. En estas empresas se producen 20 millones de toneladas de diversos productos, principalmente combustibles y plásticos.¹⁰

Se puede hacer un análisis en función a las empresas que pertenecen a esta asociación, y tomando como punto de soporte parte de datos obtenidos en las entrevistas, la cual valora dos tipos de empresas del parque industrial.

ANTECEDENTES:

- **Localización / Proximidad:** se observa que estas empresas están localizadas dentro de una región, las cuales permiten estar ubicadas cercanas una las otras. Esta característica favorece la implementación de un parque industrial manejado con los lineamientos de simbiosis industrial.
- **Regulaciones Gubernamentales:** actualmente se tiene vigente un marco legal definido por el Plan Estratégico España Circular 2030, el cual debe ser confirmado y darle el empuje necesario para que las empresas puedan alinearse a él profundamente. Según Wang et al., 2017, la simbiosis industrial puede ser implementada exitosamente trabajando bajo la visión gubernamental y administrativa de organizaciones que respondan a resolver problemas colectivos (Q. Wang et al., 2017, p. 1573). Por otro lado, uno de los factores favorables para la implementación de la simbiosis industrial son los contenidos dentro de los que es denominado la capacidad institucional, que tiene que ver con: el conocimiento de los recursos, la relación con los recursos y la capacidad de movilización de los mismos. Siendo la capacidad de movilización de recursos la más importante debido a que es la que permite tener disponibilidad de los mismos para poder ejecutar los objetivos con éxito (Q. Wang et al., 2017). Por este motivo las relaciones gubernamentales establecidas bajo el plan estratégico son de vital importancia para promover el esquema de gestión a través de la simbiosis industrial.
- **Diversidad de Actores:** hay diversidad de empresas que generan diferentes productos y subproductos; se requerirían estudios y evaluaciones para realizar la optimización de sus interrelaciones e interconexiones para la implementación de un modelo de economía circular y simbiosis industrial.
- **Estrategias comunes, creencias y alineaciones:** como antecedente se puede identificar en función a las entrevistas realizadas dos modelos de sinergia ya establecidos en el parque industrial; como lo son: el manejo de los efluentes industriales hacia una sola Planta de Tratamiento de efluentes, lo cual tiene la ventaja que existe solo un punto de vertido y monitoreo al mar, y permite dar a los entes gubernamentales control de la operación; y por otro lado está el rack de

¹⁰ (<http://www.aeqtonline.com/es/>).

tuberías, que direcciona un conjunto de productos de diferentes empresas de la región, y favorece a la sociedad con la disminución de transporte industrial en las vías públicas, que afecta la infraestructura de las vías y el tráfico, y por otro lado se tiene el beneficio ambiental debido a la disminución de emisión de gases como el dióxido de carbono y no perjudica el tráfico automotor en la zona.

- **Razones Económicas:** debería haber beneficio económico con la implementación de la simbiosis industrial, tal y como lo comento uno de los entrevistados; él explicó, si no hubiera beneficio económico la industria no estuviera asumiendo este reto de economía circular.

PROMOTORES.

- **Intermediarios, coordinadores, líderes:** se debería tomar como punto de partida los conglomerados ya formados en las asociaciones de industrias químicas en la zona, las cuales ya tienen conocimiento de los procesos actuales de cada industria, y llevan un trabajo adelantado en las distintas comisiones. Como paso inicial para implementar simbiosis industrial, se tiene la consolidación en un parque industrial, el cual ya está establecido en Tarragona; por otro lado, es importante el establecimiento de una organización local que tenga apoyo gubernamental y sea sin fines de lucro. Este centro deberá servir como una plataforma de intercambio de información. Este centro sería un organismo de colaboración entre los diferentes niveles gubernamentales y organizaciones foráneas. (Q. Wang et al., 2017, p.1578).
- **Confianza y apertura:** se tiene que dar un proceso de confianza y apertura entre las empresas, con la finalidad de poder establecer los puntos comunes y tomarlos como impulsores en cada uno de los negocios.
- **Creación de conocimiento y transferencia tecnológica:** se entiende que es difícil el tema de la transferencia tecnológica, porque es un tema del “*know how*” de cada empresa, y siempre ha tenido un costo la obtención de este conocimiento. Sin embargo, la simbiosis industrial se refiere a entre plantas para el uso de los subproductos y desechos reciclados o por reciclar; la información que se debería compartir debería ser concerniente con límites de batería e identificación de las características de las corrientes que se pueden alimentar de otra industria. De acuerdo a Wang et al., 2017, uno de los factores principales para implementar el modelo de simbiosis industrial es no limitar esfuerzos en el tema de implementación de tecnologías y facilitación de redes de conocimiento dentro de los cuales surgirían las oportunidades de sinergia entre las industrias. Se deberían organizar mesas de trabajos, congresos y actividades de seguimiento para determinar las oportunidades de sinergia (Q. Wang et al., 2017, p.1577).
- **Cultura, mentalidades:** para poder realizar un cambio en el modelo de gestión de estas empresas, se debe tener una apertura de cultura de cada industria, y tomar

una posición de que estas sinergias son oportunidades que permiten obtener beneficio económico para los participantes.

- **Lazos sociales y de redes:** se debe ver como una ventaja, que ya la mayoría de estas empresas están incorporadas a asociaciones, que ha permitido a lo largo del tiempo establecer relaciones sociales entre ellas.

LIMITANTES

- **Poder, estatus y asimetrías:** una de las principales limitantes son las asimetrías entre las empresas; probablemente, exista mayor facilidad de realizar los acuerdos entre empresas que estén más equilibradas con respecto al tipo de operaciones, tamaño y estatus o posicionamiento a nivel mundial.
- **Mucha diversidad:** la diversidad es una limitante, sin embargo, dependerá del tipo de dirección que se le dé al grupo de trabajo conformado para el establecimiento de las condiciones o bases de diseño de la estrategia de cooperación.
- **Salida de personal o cambio en las direcciones:** al establecer el grupo de trabajo conductor para realizar la estrategia, deberían mantenerse las personas claves, con la finalidad de evitar cambios de dirección, ya que al haber modificaciones en estas estructuras los objetivos pueden verse cambiados por la cultura o mentalidad de los gestores.
- **Coste, riesgo:** una de las limitaciones más importantes es el costo de inversión de la estrategia a desarrollar para cada empresa. Con la finalidad de poder establecer una estrategia de este tipo se debe hacer el estudio de visualización y conceptualización con su evaluación económica y matriz coste-beneficio, que permita a cada empresa realizar la toma de decisiones para seguir con la implementación de un proyecto de este tipo.

Este es uno de los factores limitantes de mayor importancia, se debe tener en cuenta la contabilización de los costes y riesgos incorporando indicadores que midan la implementación de la simbiosis industrial, como lo son la disminución de disposición de residuos en los vertidos industriales y los potenciales ahorros de energía dentro de las industrias (Wang, et al., 2017).

- **Regulaciones ambientales muy restrictivas:** actualmente las empresas siguen las normas legales establecidas en el país. Sin embargo, de acuerdo a uno de los entrevistados, una de las limitaciones establecidas en España, no son las ambientales sino el alto costo de aranceles por consumo de energía.
- **Falta de confianza:** la falta de confianza quedaría anulada al tener un buen estudio de visualización y conceptualización que establezca todas las ventajas y desventajas del proyecto de simbiosis industrial a implementar.

CONSECUENCIAS

- **Innovación:** la implementación de este tipo de modelos aquí en la zona de Tarragona, sería un trabajo de innovación desde el punto de vista de gestión de empresas, tecnológico y de construcción. En función a la bibliografía revisada se puede apreciar que aquí en España un desarrollo de esta magnitud no ha sido ejecutado, por lo cual sería un plan piloto de economía circular y simbiosis industrial trascendental a nivel del estado español.
- **Beneficios compartidos:** al realizar la ejecución de un plan de este tipo, se pueden obtener beneficios desde el punto de vista económicos debido a que los costos (económicos, de infraestructura y de mano de obra), serían compartidos por las industrias. Desde el punto de vista ambiental, se tendría beneficio de uso de materia prima secundaria de las otras empresas, ahorro de recurso logístico a la hora de usar las mismas infraestructuras y recursos, disminución de disposición de desechos.
- **Aprendizaje:** al tener las actividades de cooperación, siempre existe un aprendizaje implícito de la cultura de trabajo de cada empresa.
- **Efecto Dominó:** al iniciar este tipo de gestiones de cooperación que tengan resultados exitosos, se prevé que las demás empresas quieran participar debido a que la incertidumbre del proceso de implementación debería disminuir.

Luego de analizar las diferentes variables presentadas por Walls & Paquin (2015) y que han sido extrapoladas al caso de la industria en Tarragona, se puede observar que las empresas que operan en este sector cumplen positivamente con los antecedentes planteados dentro de la tabla comparativa y se pudieran trabajar en mejorar las características promotoras si el gobierno logra impulsar su plan estratégico e incorporar un ente que canalice las acciones para implementar la simbiosis industrial. Finalmente, se tienen limitaciones que vienen dadas en muchos casos por la diversidad en la industria y muchas veces falta de alineación en sus objetivos entre ellas. Sin embargo, se observa que las consecuencias que traería impulsar la simbiosis industrial en la zona sería positiva, debido a que los resultados de compartir experiencias entre las empresas siempre traen beneficios de conocimiento en el manejo de procesos, los gastos serían compartidos al momento de ejecutar las acciones para implementar las mejoras.

No se observan barreras legales para la implementación de la economía circular debido a las acciones que está implementado el gobierno con el Plan Estratégico, pero para el caso de las limitaciones tecnológicas se vería resuelto el tema si las empresas llegan a considerar firmas de acuerdo de confidencialidad en caso de que haya necesidad de compartir algún tema de tecnología, lo cual no se ve trascendental porque las relaciones dadas en simbiosis industrial parecieran darse principalmente en los límites de batería o puntos de interconexión de las empresas.

CONCLUSIONES

Se puede afirmar, que las empresas operan bajo un modelo sostenible y ejecutan operaciones que siguen lineamientos de economía circular; sin embargo, este desempeño viene dado por estrategias empresariales dictadas desde su corporación y no delimitadas por el gobierno para seguir el plan estratégico.

Por tal motivo, a pesar de las diferencias remarcadas entre las dos empresas analizadas: en tamaño y tipo de proceso, hay convergencia en que no se ha producido una buena difusión del Plan Estratégico *España Circular 2030*. Este planteamiento se fundamentó, con los resultados de las entrevistas en las dos empresas. Las empresas conocen el marco del Plan Estratégico *España Circular 2030*, sin embargo, no hay promoción del mismo por parte del gobierno en las industrias.

El marco legal planteado por el gobierno español, impulsa el establecimiento de los modelos de economía circular y simbiosis industrial en la industria química española. De acuerdo a la bibliografía revisada, la capacidad institucional es un fuerte promotor para que se establezcan estos modelos. Lo cual indica que la implementación del Plan Estratégico es un promotor para dar el cambio y cerrar el círculo en las industrias. Se debe impulsar la discusión y difusión del Plan Estratégico *España Circular 2030*, con la finalidad de favorecer la capacidad institucional y poder promover la implementación de la economía circular.

Como parte de los planteamientos hechos en el marco referencial *España Circular 2030*, se ve la necesidad de profundizar las actividades de sensibilización en el marco de sostenibilidad ambiental. Estas actividades deben ser promovidas, tanto dentro de la industria como al público en general, con la finalidad de incentivar el cambio de pensamiento en la sociedad.

Por otro lado, se pudo observar que mientras menos compleja la industria es más fácil establecer actividades de cooperación y de simbiosis industrial. Se verificó que, la transferencia tecnológica dentro de las industrias químicas, se dificulta debido a que el uso de tecnologías viene dado por el pago de patentes industriales, que están enmarcadas por acuerdos de confidencialidad firmados entre la industria que usa la tecnología y la que lo diseña. Para vencer esta limitación o paradigma, se deben promover eventos que potencien el intercambio entre las empresas; y adicionalmente, demostrar el incentivo económico que implica las actividades de cooperación.

Una vía para mejorar esta limitación, es el uso de las asociaciones químicas como mediadores entre las empresas, que se encuentran operando en las zonas industriales; las cuales deberían tener un lineamiento claro por parte del gobierno, para ejecutar acciones que favorezcan las interrelaciones entre las empresas.

Por otro lado, quedó demostrado de acuerdo a trabajos de investigación, que la implementación de economía circular y simbiosis industrial genera beneficios económicos, sociales y ambientales de acuerdo a los trabajos presentados por Zuin (2016) y Gibbs (2005).

Adicionalmente, existen diversos factores que caracterizan el parque industrial de Tarragona, como lo son la localización próxima de las industrias y razones económicas. Estos dos factores más el marco legal planteado este año 2018, generan condiciones favorables para que se incorpore la economía circular y la simbiosis industrial en las empresas.

Las limitaciones impuestas para la inversión en tecnologías, vienen en su mayoría dadas por la diversidad de las industrias, tipo de proceso y tamaño; sin embargo, el hecho de poder implementar la simbiosis industrial sería positivo debido al hecho de la transferencia de vivencias operacionales durante la experiencia.

No se observan barreras legales para implementar la simbiosis industrial, lo cual está favorecido actualmente con el marco del Plan Estratégico. La mayor limitación sería desde el punto de vista tecnológico o institucional, debido al uso de patentes y acuerdos de confidencialidad en las empresas; por tal motivo debe haber una política interna en la empresa que promueva este tipo de cooperaciones, y se deben buscar las soluciones institucionales que promuevan el intercambio tecnológico en caso de ser requerido al momento de plantear las posibilidades de interconexión de las industrias para accionar en simbiosis industrial.

LIMITACIONES DEL ESTUDIO Y FUTURAS INVESTIGACIONES

Se requiere realizar mayor cantidad de trabajo de campo realizando visitas a las industrias para poder tener un espectro más amplio de la situación con respecto a la implementación de la economía circular. Se observaron limitaciones al realizar los contactos con las empresas; para una próxima investigación se deben articular con tiempo los mecanismos de colaboración entre la Universidad y las empresas con la finalidad incrementar la recogida de datos.

Por otro lado, se observa que, debido al déficit de investigación desarrollada en esta área en el país, se puede realizar una nueva actividad de investigación, con la posibilidad de realizar visitas a las empresas de al menos dos días cada una, que permitan conocer los procesos establecidos en cada una y verificar los posibles puntos de mejora en relación a la reducción de residuos y reúso de sub-productos. Una de las limitaciones principales fue no haber tenido respuesta de la asociación de empresas químicas en Tarragona y de la asociación Catalunya Circular para conocer las generalidades del sector, tendría una alta contribución incluir entrevistas en estos dos sectores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baxter, P., & Jack, S. (2008). The Qualitative Report Qualitative Case Study Methodology: Study Design and Implementation for Novice Researchers. *The Qualitative Report*, 13(4), 544–559. <https://doi.org/citeulike-article-id:6670384>
- Bermejo, R. (2014). *Handbook for a sustainable economy. Handbook for a Sustainable Economy*. Bilbao: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-8981-3>
- Boons, F., Spekkink, W., & Mouzakitis, Y. (2011). The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 19, 905–911. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.003>
- Chertow, M., & Park, J. (2015). Scholarship and practice in industrial symbiosis: 1989–2014. In *Taking Stock of Industrial Ecology* (pp. 87–116). https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7_5
- Clift, R., & Druckman, A. (2016). *Taking Stock of Industrial Ecology*. (R. Clift & A. Duckman, Eds.), *Taking Stock of Industrial Ecology*. Springer Open. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7>
- Cooper, S. J. G., Giesekam, J., Hammond, G. P., Norman, J. B., Owen, A., Rogers, J. G., & Scott, K. (2017). Thermodynamic insights and assessment of the “circular economy.” *Journal of Cleaner Production*, 162, 1365–1367. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.169>
- Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 142, 2741–2751. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>
- Franklin-Johnson, E., Figge, F., & Canning, L. (2016). Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.023>
- Frosch, R. A. (1992). Industrial ecology: a philosophical introduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(3), 800–803. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.800>
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 23, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016a). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016b). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Gibbs, D., & Deutz, P. (2005). Implementing industrial ecology? Planning for eco-

- industrial parks in the USA. *Geoforum*, 36(4), 452–464. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2004.07.009>
- Gibbs, D., & Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1683–1695. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.02.003>
- Graedel, T.E; Lifset, R. . (2015). Taking stock of industrial ecology. *Taking Stock of Industrial Ecology*, 1–362. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7>
- Graedel, T. E., Allenby, B. R., & Linhart, P. B. (1993). Implementing Industrial Ecology. *IEEE Technology and Society Magazine*, 12(1), 18–26. <https://doi.org/10.1109/44.192717>
- Herczeg, G., Akkerman, R., & Hauschild, M. Z. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1058–1067. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.046>
- Heyes, G., Sharmina, M., Mendoza, J. M. F., Gallego-Schmid, A., & Azapagic, A. (2018). Developing and implementing circular economy business models in service-oriented technology companies. *Journal of Cleaner Production*, 177, 621–632. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.168>
- Homrich, A. S., Galvão, G., Abadia, L. G., & Carvalho, M. M. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production*, 175, 525–543. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>
- Jelinski, L. W., Graedel, T. E., Laudise, R. A., McCall, D. W., & Patel, C. K. (1992). Industrial ecology: concepts and approaches. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89(3), 793–797. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.793>
- Jiao, W., & Boons, F. (2014). Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 67, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.050>
- Kuznetsova, E., Zio, E., & Farel, R. (2016). A methodological framework for Eco-Industrial Park design and optimization. *Journal of Cleaner Production*, 126, 308–324. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.025>
- Lainez, M., González, J. M., Aguilar, A., & Vela, C. (2018). Spanish strategy on bioeconomy: Towards a knowledge based sustainable innovation. *New Biotechnology*. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.05.006>
- Li, M. (2011). The characters of the eco-industrial park in EU and US and the inspiration for the Wuhan metropolitan zone. In *International Conference on Management and Service Science, MASS 2011*. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2011.5999282>
- Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115, 36–51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>
- Linder, M., & Williander, M. (2017). Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. *Business Strategy and the Environment*, 26, 182–196.

<https://doi.org/10.1002/bse.1906>

- Piasecki, B. (1992). Industrial ecology: an emerging management science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 89(3), 873–875. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.3.873>
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: Moving from rhetoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215–277. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.020>
- Walls, J. L., & Paquin, R. L. (2015). Organizational Perspectives of Industrial Symbiosis: A Review and Synthesis. *Organization and Environment*, 28(1), 32–53. <https://doi.org/10.1177/1086026615575333>
- Wang, N., Lee, J. C. K., Zhang, J., Chen, H., & Li, H. (2018). Evaluation of Urban circular economy development: An empirical research of 40 cities in China. *Journal of Cleaner Production*, 180, 876–887. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.089>
- Wang, Q., Deutz, P., & Chen, Y. (2017). Building institutional capacity for industrial symbiosis development: A case study of an industrial symbiosis coordination network in China. *Journal of Cleaner Production*, 142, 1571–1582. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.146>
- Yin, R. K. (2003). *Case Study Research: Design and Methods* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Zuin, V. G. (2016). Circularity in green chemical products, processes and services: Innovative routes based on integrated eco-design and solution systems. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 2, 40–44. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2016.09.008>

REFERENCIAS PÁGINAS WEB

2025 Sustainability Goals: Advancing A Circular Economy - Dow. Recuperado de: <https://www.dow.com/en-us/science-and-sustainability/2025-sustainability-goals/advancing-a-circular-economy>

Asfaltos Españoles, S.A. | ASES. Recuperado de: <http://www.asesa.es/>

Bertschi - Global Logistics. Recuperado de: <https://www.bertschi.com/>

Carbuos Metálicos: Grupo Air Products. Recuperado de: <http://www.carbuos.com/>

Centros de trabajo | Solvay. Recuperado de: <https://www.solvay.es/es/solvay-in/locations/martorell.html>

Circular Economy. Recuperado de: <https://circular-economy-cleaning.basf.com/>

Circular economy at BASF - es.slideshare.net. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/basf/circular-economy-at-basf>

Circular Economy in the European Chemical Industry | Accenture. Recuperado de: <https://www.accenture.com/us-en/insight-circular-economy-european-chemical-industry>

Circular Economy at BASF - BASF USA. Recuperado de: <https://www.basf.com/en/company/sustainability/management-and-instruments/circular-economy.html>

Circular Economy - Environment - European Commission. Recuperado de: http://ec.europa.eu/environment/circular-economy/index_en.htm

ChemSpain. Recuperado de: <https://chemspain.org/directorio-empresas-productos/>

Contacto | LyondellBasell. Recuperado de: <https://www.lyondellbasell.com/es/tarragona-site/contact-us/>

Dow Chemical Company - Ellen MacArthur Foundation. Recuperado de: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/ce100/directory/dow-chemical-company>

Dow Teams Up to Advance Renewable Energy, Circular Economy. Recuperado de: http://www.sustainablebrands.com/news_and_views/cleantech/sustainable_brands/dow_teams_advance_renewable_energy_circular_economy_goal

Doctoral student on bio-based circular economy in cities. Recuperado de: <https://euraxess.ec.europa.eu/jobs/264433>

Dow en Ibérica. Recuperado de: <https://es.dow.com/es-es>

Estrategia Española de Economía Circular. Recuperado de:
<http://www.prodetur.es/prodetur/AlfrescoFileTransferServlet?action=download&ref=25675460-51d5-487d-8b78-9388f20aa763>

Federación empresarial de la industria química española. Recuperado de:
[http://www.feique.org1./](http://www.feique.org1/)

Fourth Industrial Revolution New Circular Economy - HuffPost. Recuperado de:
https://www.huffingtonpost.com/fomin/the-circular-economy-but_b_9841898.html

Media Contacts by Region | Solenis. Recuperado de:
<https://solenis.com/en/resources/media-contacts/>

Messer Ibérica - Gases for Life. Recuperado de: <https://www.messer.es/>

Ministerio de Agricultura y Pesca. Recuperado de: <http://www.mapama.gob.es/es/>

Plan de Sostenibilidad 2016 Mundial - repsol.com . Recuperado de:
https://www.repsol.energy/imagenes/global/es/Informe_gestion_integrado_2017_tcm13-123306.pdf

Repsol, una energética global - repsol.energy. Recuperado de:
<https://www.repsol.energy/es/index.cshtml>

Rohstoffe, Umwelt & Klima - basf.com. Recuperado de:
<https://www.basf.com/en/company/news-and-media/magazine/resources-environment-and-climate/circular-vision-in-the-east.html>

Sarpi Constantí S.L.U. (Veolia) - acitre.org. Recuperado de:
<http://www.acitre.org/es/empresas/sarpi-constanti-slu-veolia>

Taking the European chemical industry into the circular economy. Recuperado de:
https://www.accenture.com/us-en/_acnmedia/PDF-45/Accenture-CEFIC-Report-Exec-Summary.pdf#zoom=50