

**MAPAS TECNOLÓGICOS DE TENDENCIAS EN I+D+i DE CÉLULAS Y
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS POR PARTE DE LAS EMPRESAS LÍDERES EN
EL MERCADO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A NIVEL MUNDIAL**

JUAN CARLOS LOZANO CHICANGANA

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015**

**MAPAS TECNOLÓGICOS DE TENDENCIAS EN I+D+i DE CÉLULAS Y
MÓDULOS FOTOVOLTAICOS POR PARTE DE LAS EMPRESAS LÍDERES EN
EL MERCADO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA A NIVEL MUNDIAL**

JUAN CARLOS LOZANO CHICANGANA

**Trabajo de Grado, presentado como requisito para optar al Título de
Ingeniero Industrial**

Directora

GLADYS RINCÓN BERGMAN

**Ingeniera Industrial, MSc en Gestión Tecnológica y
Especialista en Finanzas**

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI

2015

Nota de aceptación:

Director

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, 18 de diciembre de 2015

*A Dios, el Creador del Universo y mi Padre celestial,
por darme la vida y la esperanza de pasar una eternidad en su presencia.*

A mis padres,

*Carlos Saúl Lozano y Marlen Chicangana,
por todo el amor, apoyo y confianza incondicionales que me han dado durante toda mi
vida.*

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de trabajo de grado, MSc. Gladys Rincón, por su asesoría para la realización de este trabajo.

A todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la realización de este trabajo y a todos los docentes que hicieron parte de mi proceso de formación durante el tiempo que estuve en la universidad.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DE LA OPORTUNIDAD	19
1.1 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	20
2. JUSTIFICACIÓN	21
3. OBJETIVOS	23
3.1 OBJETIVO GENERAL	23
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
4. MARCO TEÓRICO	24
4.1 INTELIGENCIA COMPETITIVA	24
4.2 VIGILANCIA TECNOLÓGICA	26
4.3 DIFERENCIAS ENTRE INTELIGENCIA COMPETITIVA Y VIGILANCIA TECNOLÓGICA	27
4.4 BIBLIOMETRÍA Y CIENCIOMETRÍA	27
4.5 PATENTES	28
4.6 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS SIMPLE	29
4.6.1 Proyección de las filas y columnas.	30
4.6.2 Procedimiento para elaborar un análisis de correspondencias	30
4.7 MAPAS TECNOLÓGICOS	31
4.7.1 Mapas basados en la coocurrencia de palabras (<i>co-word analysis</i>)	32
4.8 ESTADO DEL ARTE	32
5. DISEÑO METODOLÓGICO	35
5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA	35
5.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS LÍDERES A NIVEL MUNDIAL	35

5.3 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS DE VIGILANCIA EN LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	35
5.4 CONSTRUCCIÓN DE LAS ECUACIONES DE BÚSQUEDA	35
5.5 BÚSQUEDA DE PATENTES	35
5.6 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA	35
5.7 CONSTRUCCIÓN DE LOS MAPAS TECNOLÓGICOS	36
5.8 ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN I+D+i	36
6. METODOLOGÍA.....	37
6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	37
6.1.1 Estado actual del sector de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial.	37
6.1.2 Energía solar fotovoltaica en Colombia	38
6.1.3 Células y módulos fotovoltaicos.....	41
6.2 EMPRESAS LÍDERES A NIVEL MUNDIAL EN LA PRODUCCIÓN DE CÉLULAS Y MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.....	42
6.3 FACTORES CRÍTICOS EN LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	46
6.3.1 Herramienta seleccionada para la búsqueda de patentes	50
6.3.2 Obtención de las ecuaciones de búsqueda	50
6.4 CAPTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE PATENTES	51
6.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO MULTIVARIADO	54
7. RESULTADOS	55
7.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS UNIVARIADO	55
7.2 TÉCNICA EXPLORATORIA DE DATOS MULTIVARIADA.....	63
7.2.1 ACS para factores críticos en el proceso de I+D+i de células y módulos fotovoltaicos.....	63
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES.....	89
BIBLIOGRAFÍA	90
ANEXOS.....	94

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Clasificación de líderes a nivel mundial en la fabricación de módulos fotovoltaicos basada en su participación de mercado en el año 2013.	43
Tabla 2. Top 10 de los principales proveedores de módulos fotovoltaicos	44
Tabla 3. Otras compañías líderes	44
Tabla 4. Inversión en I+D en miles de USD para el periodo 2012-2014 de las empresas líderes.	45
Tabla 5. Principales compañías en el mercado de células y módulos fotovoltaicos a nivel mundial	45
Tabla 6. Listado de factores críticos de vigilancia de las empresas seleccionadas	46
Tabla 7. Abreviaciones y contadores de los factores críticos	52
Tabla 8. Frecuencias de los factores críticos en los registros por compañía	53
Tabla 9. Porcentaje de inercia capturada por los componentes del ACS para los factores críticos	63
Tabla 10. Calidad de representación de los factores críticos en los tres primeros componentes del ACS	65
Tabla 11. Calidad de representación de las compañías en los componentes de los planos factoriales para los factores críticos	65
Tabla 12. Contribuciones de los factores críticos para cada uno de los componentes	66

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Ciclo de la inteligencia competitiva	25
Figura 2. Evolución de la capacidad instalada acumulada de ESF a nivel mundial en el periodo 2000-2013	38
Figura 3. Cadena de producción de los módulos solares fotovoltaicos con silicio policristalino.	43
Figura 4. Factores críticos en materia de competitividad e I+D de las compañías líderes	49
Figura 5. Número de patentes por compañía asociadas con el factor eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas	55
Figura 6. Número de patentes asociadas con el factor apariencia estética de las células fotovoltaicas	56
Figura 7. Número de patentes por compañía asociadas con el factor rendimiento de las células fotovoltaicas	56
Figura 8. Número de patentes por compañía asociadas con el factor vida útil de las células fotovoltaicas	57
Figura 9. Número de patentes asociadas con el factor costo de las células fotovoltaicas	57
Figura 10. Número de patentes por compañía asociadas con el factor confiabilidad de las células fotovoltaicas	58
Figura 11. Número de patentes por compañía asociadas con el factor eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos	59
Figura 12. Número de patentes asociadas con el factor apariencia estética de los módulos fotovoltaicos	59
Figura 13. Número de patentes por compañía asociadas con el factor rendimiento de los módulos fotovoltaicos	60
Figura 14. Número de patentes por compañía asociadas con el factor vida útil de los módulos fotovoltaicos	61
Figura 15. Número de patentes por compañía asociadas con el factor costo de los módulos fotovoltaicos	61
Figura 16. Número de patentes por compañía asociadas con el factor confiabilidad de los módulos fotovoltaicos	62
Figura 17. Gráfico de sedimentación asociado al ACS.	64

Figura 18. Mapa tecnológico con ejes F1 y F2, Factores críticos y empresas.....	68
Figura 19. Mapa tecnológico con ejes F1 y F3, Factores críticos y empresas.....	69
Figura 20. Mapa tecnológico con ejes F2 y F3, Factores críticos y empresas.....	70
Figura 21. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F2	71
Figura 22. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F2	72
Figura 23. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F2	73
Figura 24. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F2	73
Figura 25. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F2	74
Figura 26. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F2	75
Figura 27. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F2	75
Figura 28. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F2	76
Figura 29. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F3	77
Figura 30. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F3	77
Figura 31. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F3	78
Figura 32. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F3	79
Figura 33. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F3	79
Figura 34. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F3	80
Figura 35. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F3	81
Figura 36. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F3	81

Figura 37. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante II del mapa con ejes F2 y F382

Figura 38. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante III del mapa con ejes F2 y F383

Figura 39. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante III del mapa con ejes F2 y F384

Figura 40. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante IV del mapa con ejes F2 y F385

LISTA DE ANEXOS

pág.

Anexo A. Formato de encuesta para validación de factores críticos.....	94
Anexo B. Colección FamPat asociada a Orbit.com	95
Anexo C. Instrucciones para el software R	96
Anexo D. Instrucciones para el software XLSTAT	97
Anexo E. Coordenadas principales de los factores críticos y las empresas en los mapas tecnológicos	98

GLOSARIO

BASE DE DATOS: banco de información que contiene datos relativos a diversas temáticas y categorizados de distinta manera, pero que comparten entre sí algún tipo de vínculo o relación que busca ordenarlos y clasificarlos en conjunto.

CÉLULA FOTOVOLTAICA: dispositivo electrónico que permite transformar la energía lumínica (fotones) en energía eléctrica (flujo de electrones libres) mediante el efecto fotoeléctrico, generando energía solar fotovoltaica.

COSTO NIVELADO DE ENERGÍA: en inglés conocido como *Levelized Cost of Energy* o por sus siglas LCOE. Es el precio del costo único de los productos energéticos (por ejemplo, USD por kWh o USD por GJ) de un proyecto que hace que el valor presente de los ingresos sea igual al valor presente de los costos durante la vida útil del proyecto¹.

DESARROLLO SOSTENIBLE: aquel que garantiza las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades².

ECUACIÓN DE BÚSQUEDA: expresión equivalente a una consulta adaptada al lenguaje de interrogación, que formula una necesidad de información por parte del usuario, esta puede ser simple o compleja³.

EFICIENCIA DE CONVERSIÓN: la relación entre la producción de energía útil a partir de un dispositivo de conversión de energía y la entrada de energía en ella. Por ejemplo, la eficiencia de conversión de un módulo fotovoltaico es la relación entre la electricidad generada y la energía solar total recibida por el módulo. Si se reciben 100 kWh de radiación solar y se generan 10 kWh de electricidad, la eficiencia de conversión es 10%⁴.

ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA (ESF): tecnología que se utiliza para convertir la radiación solar (luz) en electricidad. Las células fotovoltaicas se construyen a partir de materiales semiconductores que utilizan la luz solar para separar electrones de los átomos para crear una corriente eléctrica⁵.

FAMILIA DE PATENTES: en general, se denomina familia de patentes a los diferentes documentos generados durante la tramitación de una patente internacional desde su solicitud hasta su concesión en varios países. Consiste por

¹ REN21. 2015. 2015 Global Status Report.

² Comisión Brundtland. 1987.

³ Faus, F., & Santainés, E. 2013. Búsquedas bibliográficas en bases de datos: Primeros pasos en investigación en ciencias de la salud.

⁴ REN21. 2015. 2015 Global Status Report.

⁵ Ibíd.

tanto, en todas las publicaciones en diferentes países relacionados con la misma invención⁶.

GESTIÓN TECNOLÓGICA: colección de métodos sistemáticos para la gestión de procesos de aplicación de conocimientos, extender el rango de actividades humanas y producir bienes y servicios⁷.

INNOVACIÓN: es el proceso en el cual a partir de una idea, invención o reconocimiento de una necesidad, se desarrolla un producto, técnica o servicio útil hasta que sea aceptado comercialmente⁸.

INTELIGENCIA COMPETITIVA: proceso de obtención, análisis, interpretación y difusión de información de valor estratégico sobre la industria y los competidores, que se transmite a los responsables de la toma de decisiones en el momento oportuno⁹.

INVENTO: idea, un boceto o un modelo para un dispositivo, producto o sistema nuevo o perfeccionado¹⁰.

MAPA TECNOLÓGICO: es la representación gráfica del análisis de información estructurada obtenida de fuentes de información como artículos, publicaciones o patentes, la cual permite obtener una mejor comprensión de los resultados después de desarrollar las etapas de vigilancia tecnológica y cuya finalidad es mostrar un panorama detallado de las líneas de investigación en el área considerada¹¹.

MÓDULO FOTOVOLTAICO: estructura formada mediante la interconexión de células fotovoltaicas individuales. Los módulos más utilizados son los de silicio monocristalino y los de silicio policristalino, los primeros son más eficientes, pero relativamente más costosos que los últimos.¹²

PALABRA CLAVE: termino relevante dentro de un documento, tiene como fin guiar al lector respecto a las temáticas planteadas en el mismo.

PATENTE: derecho exclusivo que faculta al titular de una intención a decidir si ésta puede ser utilizada por terceros y, en ese caso, de qué forma. Como contrapartida de ese derecho, en el documento de patente publicado, el titular de la patente pone a disposición del público la información técnica relativa a la invención. Una patente proporciona protección para la invención a su titular por un período limitado, que suele ser de 20 años¹³.

⁶ Protectia Patentes y Marcas. s.f. ¿Que es familia de patentes?

⁷ Kanz, J., & Lam, L. 1996. Technology, strategy and competitiveness: An institutional managerial perspective. In: G. Gaynor (Ed.), Handbook of technology management.

⁸ Gee, Sherman. 1981. Technology transfer, innovation and international competitiveness.

⁹ Gibbons, P.T., & Prescott, J.E. 1996. Parallel competitive intelligence processes in organizations.

¹⁰ Freeman, C., & Paredes, E. 1975. La teoría económica de la innovación industrial.

¹¹ Escorsa, P., & Maspons, R. 2001. De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva.

¹² REN21. 2015. 2015 Global Status Report.

¹³ OMPI. 2015.

PCT: el *Patent Cooperation Treaty* (Tratado de Cooperación en Materia de Patentes, en español) permite buscar protección por patente para una invención en muchos países al mismo tiempo mediante la presentación de una solicitud “internacional” de patente. Pueden presentar dicha solicitud los nacionales o residentes de los Estados Contratantes del PCT. Por lo general, el trámite de presentación se cumple ante la oficina nacional de patentes del Estado Contratante de nacionalidad o de domicilio del solicitante o, a elección de éste, ante la Oficina Internacional de la OMPI, en Ginebra¹⁴.

TECNOLOGÍA: conjunto de conocimientos técnicos, científicamente ordenados, que permiten diseñar y crear bienes y servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacer tanto las necesidades esenciales como los deseos de la humanidad.

VIGILANCIA TECNOLÓGICA: es la observación y el análisis del entorno científico, tecnológico y de los impactos económicos presentes y futuros, para identificar las amenazas y oportunidades de desarrollo¹⁵.

WIPO: la *World Intellectual Property Organization* (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual - OMPI, en español), es el foro mundial en lo que atañe a servicios, políticas, cooperación e información en materia de propiedad intelectual. Es un organismo de las Naciones Unidas, autofinanciado, que cuenta con 187 Estados miembros¹⁶.

¹⁴ OMPI. 2015.

¹⁵ Jakobiak, F. 1992. Exemples commentés de veille technologique.

¹⁶ OMPI. 2015.

RESUMEN

En el modelo actual de desarrollo económico basado en la competitividad, para que las empresas puedan sobrevivir no solamente deben ofrecer productos y servicios de menor costo y de mejor calidad que la competencia, sino que además deben ser innovadoras y, por lo tanto, ya no es suficiente con vigilar los productos y las estrategias de los competidores, sino vigilar las invenciones que están patentando para prepararse ante los nuevos desafíos que puedan surgir como resultado del cambio tecnológico. Es así como en el presente trabajo se aplican los conceptos y el proceso de vigilancia tecnológica, el cual consiste en la captura, transformación e interpretación de la información de patentes relacionadas con células y módulos fotovoltaicos, contenidas en las bases de datos de diversas oficinas de patentes a nivel mundial. La interpretación se realiza con un análisis de correspondencias simple que permite conocer y representar gráficamente, en lo que se conoce como mapas tecnológicos, las principales relaciones y tendencias de investigación, desarrollo e innovación en el campo de las células y módulos fotovoltaicos de las compañías líderes en este mercado. Además, se pudo concluir que tanto para las células como los módulos fotovoltaicos, el aspecto al que estas compañías le dan más prioridad en materia de investigación, desarrollo e innovación, es la eficiencia de conversión, mientras que la vida útil de estos elementos les es de poco interés para encaminar sus actividades de investigación.

Palabras claves: Vigilancia tecnológica, inteligencia competitiva, patentes, energía solar fotovoltaica, ESF, células fotovoltaicas, módulos fotovoltaicos, análisis de correspondencias simples, ACS y mapas tecnológicos.

INTRODUCCIÓN

El uso de energías renovables es cada vez mayor, energías como la solar fotovoltaica, solar térmica, eólica, hidroeléctrica, mareomotriz, undimotriz, geotérmica, la generada a partir de biomasa y biocombustibles, son empleadas en diferentes lugares del mundo en donde gobiernos e industrias han venido tomando consciencia de la importancia del cuidado del medio ambiente tras el deterioro que éste ha sufrido como consecuencia del cambio climático. En el 2014, por primera vez en cuatro décadas, las emisiones globales de carbono asociadas con el consumo de energía se mantuvo estable, mientras que la economía mundial creció; esta estabilización se ha atribuido a una mayor penetración de las energías renovables y la mejora de la eficiencia energética (REN21, 2015).

Ante esta situación, es pertinente que las empresas que hacen parte de la industria de las energías renovables estén al tanto de los continuos cambios tecnológicos que se presenten, tales como nuevos campos de aplicación, nuevos sistemas de conversión y transformación de la energía, y nuevos materiales de fabricación de los sistemas de captación de energía, ya que éstos contribuyen a la generación de nuevos conocimientos, al incremento en la utilización de las energías renovables y a su vez, al crecimiento del desarrollo sostenible.

El rápido cambio tecnológico genera una mayor necesidad de acceder a la información, por esta razón las grandes empresas desarrollan sus propios centros de investigación, en los cuales el uso de herramientas de búsqueda bibliográfica, como software de búsqueda en bases de datos de artículos y de patentes, permiten explorar diversas fuentes confiables de información, para conocer oportunamente las tendencias tecnológicas del mercado en el cual participan. Uno de los mejores métodos para analizar la innovación tecnológica es el análisis de bases de datos de patentes. Las empresas pueden tomar decisiones referentes a sus procesos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) con base en los resultados encontrados en estas bases de datos, para estar a la vanguardia del cambio tecnológico y evitar la obsolescencia de sus procesos, productos y servicios. Además, las empresas líderes en investigación revisan permanentemente el estado de la técnica para seguir aportando nuevos conocimientos pertinentes sin desperdiciar esfuerzos en desarrollos ya patentados por otros.

Es así que utilizando la metodología de vigilancia tecnológica y sus herramientas, en el presente trabajo se elaboran mapas tecnológicos en el campo de la **energía solar fotovoltaica (ESF)**, específicamente en **células y módulos fotovoltaicos**, a partir de información obtenida con el servicio de búsqueda de patentes Orbit.com, ofrecido por la empresa Questel*. Estos mapas son representaciones gráficas que permiten identificar las tendencias de I+D+i relacionadas con células

* El acceso se obtuvo gracias a una licencia de uso temporal concedida por la empresa.

y módulos fotovoltaicos, elementos principales que hacen parte de los sistemas de generación fotovoltaica.

Con el análisis de los mapas tecnológicos se logra identificar que las compañías líderes del mercado global de la ESF tienen gran interés en mejorar la eficiencia de sus productos, al tiempo que buscan reducir costos de producción; situación que refleja el panorama empresarial de muchas industrias y que representa un gran reto para aquellas compañías que elaboran productos de alta tecnología.

Esta investigación pretende mostrar de una forma práctica la importancia del uso de una herramienta esencial para los procesos de gestión de la innovación tecnológica, como es la vigilancia tecnológica.

En el primer capítulo de este documento se presenta el planteamiento de la oportunidad identificada con el contexto actual de las energías renovables, en especial la ESF. Luego de esto, en el segundo capítulo se presenta la justificación de la investigación, previa al desarrollo del tercero, en el que se presentan los objetivos del trabajo. En el cuarto capítulo se expone el marco teórico, seguido del diseño metodológico en el quinto capítulo y del desarrollo de la metodología en el sexto. Finalmente, en el séptimo capítulo se presentan los resultados de los análisis que anteceden a las conclusiones y recomendaciones.

1. PLANTEAMIENTO DE LA OPORTUNIDAD

La humanidad es cada vez más consciente de un grave acontecimiento que afecta la sostenibilidad de todo el planeta, el calentamiento global. El calentamiento del sistema climático es inequívoco, y desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no tienen precedentes en las últimas décadas o milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, las cantidades de nieve y de hielo han disminuido, y el nivel del mar se ha elevado.

El calentamiento global es originado principalmente por las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI), en especial del dióxido de carbono (CO₂), como producto de actividades antropogénicas* propias de la industria, la agricultura, la botánica, la minería, el transporte, la construcción, etc.

Las emisiones totales de GEI antropogénicas han presentado mayores aumentos absolutos entre el 2000 y 2010, a pesar de un número cada vez mayor de políticas de mitigación del cambio climático. Las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales contribuyeron alrededor del 78% del incremento de las emisiones totales de GEI entre 1970 y 2010, con un porcentaje de contribución similar para el aumento durante el período de 2000 a 2010. A nivel mundial, el crecimiento económico y de la población siguen siendo las causantes más importantes de aumento de las emisiones de CO₂ procedentes de la quema de combustibles fósiles.

Los principales efectos del calentamiento global incluyen el aumento en el nivel del mar, expansión de desiertos subtropicales, olas de calor, sequías, lluvias torrenciales, fuertes nevadas, acidificación del océano, y extinción de diversas especies (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015).

Afortunadamente, existen varias alternativas para mitigar la generación de los GEI, una de ellas son las energías renovables. Sus fuentes son prácticamente inagotables y se encuentran disponibles por todo el mundo, en contraste con las fuentes convencionales como el gas, carbón y petróleo, las cuales son limitadas y están concentradas geográficamente en algunas regiones del mundo.

Las energías renovables son fundamentales para el desarrollo sostenible y debido a que es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida por las limitadas fuentes de las energías convencionales, en un futuro serán las encargadas de abastecer las necesidades a nivel mundial.

Para abordar esta situación, desde hace ya varios años se han venido desarrollando tecnologías que permitan optimizar el aprovechamiento de las energías renovables, por lo que su avance tecnológico se ha extendido globalmente.

* Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana.

Entre las energías renovables se encuentran la eólica, geotérmica, hidroeléctrica, mareomotriz, solar fotovoltaica, solar térmica, undimotriz, bioenergía y energía de los biocarburantes.

De este grupo, se puede destacar la **energía solar fotovoltaica (ESF)**, puesto que posee muchas ventajas en comparación con las demás energías renovables:

- Proviene de la mayor fuente de energía del planeta, la radiación solar. El total que llega a la tierra es más de 7 500 veces el consumo de energía primaria del mundo; mucho mayor que toda la energía no renovable utilizada (REVE – Revista Eólica y del Vehículo, 2015).
- Los sistemas para su generación son sencillos y fáciles de instalar.
- Tiene una elevada versatilidad, los sistemas fotovoltaicos pueden instalarse en casi cualquier lugar y las instalaciones pueden ser de cualquier tamaño.
- Las instalaciones son fácilmente modulables, con lo que se puede aumentar o reducir la potencia instalada fácilmente según las necesidades.
- Las plantas de generación a gran escala apenas requieren mantenimiento y tienen un riesgo de avería muy bajo.
- Para uso residencial o comercial, no requiere ocupar ningún espacio adicional, pues los módulos pueden instalarse en tejados y edificios.
- Los módulos fotovoltaicos gozan de una larga vida, en la mayoría de los casos es de más de 30 años.
- Los sistemas fotovoltaicos resisten condiciones climáticas extremas como frío, granizo o fuertes vientos.
- Sus costos son cada vez más competitivos en el mercado.
- Es un sistema de aprovechamiento de energía idóneo para zonas donde la red eléctrica no llega o su traslado es dificultoso y costoso (SunEdison España, s. f.)^{*}.

A partir de estas ventajas se evidencia la oportunidad que existe de aplicar herramientas que permitan identificar que tanto ha avanzado la industria de la ESF en el proceso de I+D+i. En este caso se proponen la inteligencia competitiva y la vigilancia tecnológica para lograr este objetivo a partir de un ejercicio de carácter académico.

1.1 FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al planteamiento anterior, con el desarrollo de este trabajo se busca dar respuesta a la pregunta **¿Cuáles son las principales tendencias en investigación, desarrollo e innovación relacionadas con células y módulos fotovoltaicos por parte de las empresas líderes a nivel mundial en el mercado de la ESF?**

^{*} Todas las ventajas, a excepción de la primera, fueron tomadas del sitio web de la empresa SunEdison, Inc.

2. JUSTIFICACIÓN

La ESF tiene un gran futuro y, es ya una tendencia mundial. Muestra de ello es que existen grandes multinacionales integradas verticalmente dedicadas a la producción y comercialización de sistemas de generación fotovoltaica.

La ESF está empezando a jugar rápidamente un papel importante en la generación de electricidad en algunos países ya que los costos decrecientes han hecho que la electricidad generada por fotovoltaica sea competitiva frente a la de los combustibles fósiles. En el 2014, la ESF marcó otro año récord para el crecimiento, con un estimado de 40 GW instalados para una capacidad global total de alrededor de 177 GW (REN21, 2015).

De acuerdo a investigaciones del *UBS Investment Bank*, dentro de una década, la ESF podría ser responsable del 10% del suministro de electricidad a nivel mundial, indicando que eventualmente reemplazará a la nuclear y a la generada a partir del carbón, y se establecerá como la tecnología por defecto del futuro para generar y suministrar electricidad (Lacey, 2015).

Al igual que la mayoría de las energías renovables, la ESF se enfrenta en un mercado en donde los combustibles fósiles han predominado a lo largo de la historia, pero que en los últimos años han venido perdiendo fuerza tras la reducción en los costos de producción de las renovables.

Identificando este importante hito que favorece el avance hacia el desarrollo sostenible, se pueden emplear diversas técnicas y herramientas para analizar el avance tecnológico de la ESF y conocer el panorama mundial de este sector.

Las empresas que implementen estos elementos de análisis, podrán identificar las tendencias de I+D+i de los líderes del mercado, y si deciden actuar para aprovechar y ampliar este conocimiento podrán desarrollar células y módulos fotovoltaicos más eficientes y económicos, aportando a una mayor competitividad de la ESF en el mercado de las energías renovables y garantizando la permanencia tanto de las organizaciones como de sus productos en el largo plazo.

Un ejemplo del avance en I+D+i en este tema, desde el campo académico, es el caso de un grupo liderado por científicos de la Universidad de Pensilvania y la Universidad Drexel de Estados Unidos, quienes diseñaron un módulo solar hecho con un material cerámico nuevo que señala el camino para proporcionar energía sostenible potencialmente más barata, más eficiente, y requiriendo menos tiempo de fabricación; y que a su vez alcanza una meta vigente desde hace 40 años, al descubrir un material fotovoltaico a granel que pueda aprovechar la energía de la luz visible e infrarroja, no sólo la luz ultravioleta (Kunz, Source, & National, 2013).

Con base en el entorno competitivo de las energías se ha identificado la oportunidad de aplicar la vigilancia tecnológica para conocer el desarrollo de la industria de la ESF, aprovechando la facilidad que existe actualmente para acceder a la información a nivel global.

Los motores de búsqueda y las bases de datos brindan acceso a grandes cantidades de información procedentes de diversas fuentes especializadas en temas puntuales. Si bien es necesario identificar cuáles fuentes son las más idóneas para una investigación, actualmente, tener acceso a ellas es más fácil por el desarrollo de la informática.

Las empresas que aplican correctamente la vigilancia tecnológica están en la capacidad de identificar el estado actual de cierta tecnología objeto de estudio lo que a su vez les permite ahorrar dinero al evitar solicitar patentes de invenciones ya realizadas y que difícilmente se hubiesen logrado identificar de otra manera.

Esta herramienta facilita la búsqueda de la información requerida para la construcción de mapas tecnológicos, los cuales permiten la identificación de las tendencias de I+D+i relacionadas con células y módulos fotovoltaicos.

Al aplicar esta herramienta, se podrían identificar tecnologías para la reducción de los costos de producción, impactando positivamente la cadena de valor de la empresa. “La mayoría de las empresas poseen la información acerca de sus propias capacidades y recursos con un grado razonable de exhaustividad. Y muchas empresas tienen relativamente buena información sobre sus clientes, dependiendo de la cantidad que elijan para gastar en investigación de mercado. Sin embargo, sólo unas pocas empresas asignan recursos suficientes para recopilar y analizar la información sobre la competencia y las fuerzas externas y los factores que afectan la competitividad de su industria” (Herring, 1992).

“Vivimos en una época de transición, caracterizada por el paso de la sociedad industrial a la sociedad del conocimiento. Peter Drucker ha resumido certeramente esta situación: *las actividades que ocupan la posición central no son ya las dedicadas a producir y distribuir sino las que producen y distribuyen información y conocimientos*. Para muchas organizaciones la posesión de información estratégica a escala global es un componente clave a la hora de obtener y mantener ventajas frente a la competencia” (Escorsa & Maspons, 2001).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar mapas tecnológicos que permitan identificar tendencias en la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) de células y módulos fotovoltaicos por parte de las empresas líderes en el mercado a nivel mundial.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las empresas líderes a nivel mundial en la fabricación de células y módulos fotovoltaicos.
- Construir mapas tecnológicos que permitan caracterizar las tendencias de I+D+i de células y módulos fotovoltaicos.
- Analizar los resultados de los mapas tecnológicos realizados y extraer las respectivas conclusiones.

4. MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan los siguientes temas que conducen al lector a tener más claridad conceptual con relación a los tópicos trabajados en esta investigación. Al final de este capítulo se plantea el estado del arte para facilitar la comprensión del contexto actual en el que se desarrollan las diferentes temáticas presentadas.

4.1 INTELIGENCIA COMPETITIVA

En la literatura se encontraron varias definiciones del concepto de inteligencia competitiva, sin embargo para el desarrollo de este trabajo se escogió la siguiente: “Es el proceso de obtención, análisis, interpretación y difusión de información de valor estratégico sobre la industria y los competidores, que se transmite a los responsables de la toma de decisiones en el momento oportuno” (Gibbons & Prescott, 1996).

El ciclo de la inteligencia competitiva se compone de cinco etapas: Identificación de necesidades, planificación, búsqueda y selección, análisis y distribución de la información (ver Figura 1).

En la etapa de identificación de necesidades se inicia con la detección de las necesidades de información.

La siguiente etapa corresponde a la planificación, en ella se define, estructura y ubica en el tiempo la información para que se pueda jerarquizar. Además, se debe identificar en que base de datos se va a realizar la búsqueda y las herramientas informáticas que pueden ser licenciadas o de uso libre, diseñar las ecuaciones de búsqueda, determinar la ventana de tiempo a emplear e identificar las principales empresas o tecnologías que se van a monitorear. También se debe seleccionar el tipo de vigilancia, que puede ser tecnológica, comercial, competitiva o del entorno.

En la siguiente etapa, correspondiente a la búsqueda y selección, se filtra la información relevante, evitando la redundancia y el análisis no pertinente. Consiste en localizar mediante buscadores, aquellos datos útiles por la calidad que aglutinan. En esta etapa se utilizan herramientas de análisis bibliométrico con el fin de conocer datos estadísticos y hacer seguimiento de las tendencias en los distintos ámbitos de la ciencia.

A continuación sigue la etapa de análisis y almacenamiento, en la cual se analiza la información una vez esté organizada y clasificada, elaborando los informes de acuerdo con las necesidades identificadas en la primera etapa del ciclo de la inteligencia.

Finalmente, se realiza la etapa de distribución, en la cual se entrega la información a cada uno de los tomadores de decisiones, quienes harán uso de ésta en el momento más adecuado, generando y detectando nuevas necesidades de la

misma iniciando nuevamente el ciclo de la inteligencia. En esta etapa de distribución se utilizan diferentes informes, dentro de ellos los mapas tecnológicos, porque permiten organizar gran cantidad de datos de una manera gráfica que facilita su comprensión.

Implementar las anteriores etapas brindará la posibilidad de crear nuevo conocimiento controlado como un proceso de desarrollo de innovaciones en tecnologías, productos y servicios, procesos de fabricación, materiales, su cadena de transformación, y las tecnologías y sistemas de información.

A lo largo de todo el ciclo se requiere que se desarrolle retroalimentación y diálogo, a medida que se va pasando de una etapa a otra se perfilan las necesidades y se refinan las búsquedas (López, Fernandez, Manchado, Agustín, & Zabala, 2006).

Figura 1. Ciclo de la inteligencia competitiva



Fuente 1. Modificado de (López, Fernández, Manchado, Agustín & Zabala, 2006).

En la actualidad, contar con un proceso establecido de inteligencia, junto con las herramientas y motores de búsqueda ya disponibles permiten a las organizaciones identificar ideas y nuevas soluciones para el desarrollo de diversos tipos de innovaciones creando ventajas competitivas.

4.2 VIGILANCIA TECNOLÓGICA

En el actual entorno cambiante, las empresas se enfrentan en un mercado competente y con dinámicos procesos de I+D+i, haciendo necesario conocer de primera mano los cambios, tendencias e innovaciones que acontecen en el sector de actividad de las organizaciones para lograr permanecer en el mercado en el largo plazo.

La vigilancia tecnológica contribuye a tomar decisiones acertadas, sobre el inicio o continuación de un proyecto de I+D+i, y esto se logra a través de la adecuada búsqueda e interpretación de la información existente. Jakobiak (1992) define la vigilancia tecnológica como la observación y el análisis del entorno científico, tecnológico y de los impactos económicos presentes y futuros, para identificar las amenazas y oportunidades de desarrollo.

Muñoz, Marín, & Vallejo (2006) señalan las siguientes etapas para llevar a cabo la vigilancia tecnológica:

1. Identificación de los factores críticos de vigilancia.
2. Identificación de las fuentes o tipos de información relevante para seguir los factores críticos de vigilancia.
3. Elección de los medios de acceso y seguimiento de las fuentes de información, en muchos casos mediante software especializado o sistemas y servicios automatizados.
4. Ejecución regular de la búsqueda de información, mediante una estrategia sujeta a revisión constante.
5. Análisis, evaluación y organización, puesta en valor, de la información obtenida, para sacar conclusiones útiles a la organización, en muchos casos también mediante software de análisis, tratamiento y presentación de datos.
6. Difusión selectiva de la información elaborada, por los canales y a las personas adecuadas.

Un punto clave de la vigilancia tecnológica es que evita el llamado “costo de la ignorancia”, aquel costo en el que incurren las empresas al investigar en innovaciones ya patentadas. El desaliento tras conocer el rechazo de una solicitud de patente porque ésta ya existe, lleva consigo el malgasto de recursos en investigaciones sobre las que no se tendrá la exclusividad del uso. La suma de estos “desalientos empresariales” alcanza los 20 000 millones de dólares al año en Europa (Farreras, 1994). En uso de la vigilancia tecnológica representa sin duda alguna un significativo ahorro de dinero para las empresas que enfocan sus investigaciones en la búsqueda de innovaciones en el mercado.

Si una empresa planea adoptar un sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva, puede tomar como base la norma NTC 5801 del Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), titulada “Gestión de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Requisitos del sistema de gestión de la I+D+i”, o la norma UNE 166006:2011 de la Asociación Española de

Normalización y Certificación (AENOR), titulada “Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva”, la cual tiene como objetivo “facilitar la formalización y estructuración del proceso de escucha y observación del entorno para apoyar la toma de decisión a todos los niveles de la organización, hasta devenir en la implantación de un sistema permanente de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva” (AENOR, 2011).

4.3 DIFERENCIAS ENTRE INTELIGENCIA COMPETITIVA Y VIGILANCIA TECNOLÓGICA

De acuerdo con Escorsa & Maspons (2001), en los últimos años la expresión “vigilancia” ha venido sustituyéndose por la de “inteligencia”. Los autores mencionan que las diferencias, si las hay, son muy pequeñas. El concepto de inteligencia competitiva abarca diferentes clases de vigilancia como las de origen tecnológico, jurídico, comercial y financiero; mientras que otros autores como Baumard (1991) y Rodríguez (1999) prefieren enfatizar en las diferencias entre ambos conceptos. Para ellos, la inteligencia competitiva presentaría una información más elaborada de cara a la toma de decisión y tendría una dimensión estratégica que no posee la vigilancia.

Hidalgo, Serrano, & Pavón (2002) afirman que “la inteligencia se diferencia de la vigilancia en que constituye un paso más en el proceso de gestión de la información obtenida: la vigilancia persigue la obtención de la información más relevante del entorno para nuestros intereses y su análisis mientras que la inteligencia hace especial énfasis en otros aspectos como su presentación en un formato adecuado para la toma de decisión y el análisis de la evaluación de los resultados obtenidos mediante su uso”.

En ese sentido, se puede evidenciar que la inteligencia competitiva abarca dos etapas adicionales a las de la vigilancia tecnológica, y que continuando con la secuencia del último listado del apartado anterior quedarían de la siguiente manera:

7. Toma de decisión, con un enfoque estratégico.
8. Evaluación, que incluye la validación de resultados y la creación de ventajas competitivas para la organización.

4.4 BIBLIOMETRÍA Y CIENCIOMETRÍA

En la actualidad, el desarrollo de las nuevas tecnologías de la información y la facilidad que existe para acceder a ellas, permiten medir y analizar la información de carácter científico. Para ello se utilizan elementos de bibliometría y cienciometría, los cuales facilitan el desarrollo de la etapa de búsqueda y selección del Ciclo de Inteligencia Competitiva (ver Figura 1).

La bibliometría, estudia los aspectos cuantitativos de la producción, difusión y uso de la información registrada, mediante modelos y medidas matemáticas, que sirven para hacer pronósticos y tomar decisiones en torno a tales procesos. Aplica métodos y modelos matemáticos al objeto de estudio de la bibliotecología, por medio del análisis de las regularidades que ofrece el documento, los procesos y las actividades bibliotecarias, lo que contribuye a la organización y dirección de las bibliotecas.

A menudo, los estudios bibliométricos se clasifican, según las fuentes de datos, como son los basados:

- en bibliografías, servicios de indización y resúmenes,
- en las referencias o citas, llamado también análisis de citas y
- en los directorios o catálogos colectivos de títulos de revistas.

La cienciometría, por su parte, designa aquellos trabajos dedicados al análisis cuantitativo de la actividad científica y técnica (Callon, Courtial, & Penan, 1993). Los análisis cienciométricos analizan a la ciencia como una disciplina o actividad económica, comparan las políticas de investigación desarrolladas por distintos países y sus resultados desde una perspectiva económica y social. Los temas de estudio de la cienciometría incluyen, entre otros:

- El crecimiento cuantitativo de la ciencia.
- El desarrollo de las disciplinas y subdisciplinas.
- La relación entre ciencia y tecnología.
- La obsolescencia de los paradigmas científicos.
- La estructura de comunicación entre los científicos.
- La productividad y creatividad de los investigadores.
- Las relaciones entre el desarrollo científico y el crecimiento económico. (Araújo & Arencibia, 2002).

Para tener más claridad en la diferencia que existe entre los conceptos de bibliometría y cienciometría, Escorsa & Maspons (2001) citan a Brookes (1987): "Mientras que la Bibliometría tiene por objeto estudiar los libros y revistas científicas y por objetivo comprender las actividades de comunicación de la información, la Cienciometría tiene por objeto el estudio de los aspectos cuantitativos de la creación, difusión y utilización de la información científica y técnica y por objetivo la comprensión de los mecanismos de la investigación como actividad social".

4.5 PATENTES

La capacidad de innovar y crear nuevo conocimiento es un valioso recurso que las empresas no pueden pasar por alto, y más aún en el entorno intensamente competitivo que se desarrolla en la actualidad. Como respuesta a un mecanismo que permita proteger los resultados de esta capacidad y brindar una ventaja

competitiva para quién la emplee en la práctica, surgió en el marco de la propiedad industrial, la patente.

La patente es un privilegio que le otorga el Estado al inventor como reconocimiento de la inversión y esfuerzos realizados por éste para lograr una solución técnica que le aporte beneficios a la humanidad. Dicho privilegio consiste en el derecho a explotar exclusivamente la invención por un tiempo determinado y faculta a su titular a decidir si ésta puede ser utilizada por terceros y, en ese caso, de qué forma. Es requisito que en el documento de patente publicado, el titular de la misma ponga a disposición del público la información técnica relativa a la invención. Una patente proporciona protección para la invención a su titular por un período limitado, que suele ser de 20 años (Superintendencia de Industria y Comercio, 2015).

Las patentes son derechos territoriales. Por lo general, los derechos exclusivos correspondientes solos tienen validez en el país o la región en los que se ha presentado la solicitud y se ha concedido la patente, de conformidad con la normativa de ese país o esa región.

Se pueden conceder patentes sobre invenciones de cualquier sector de la tecnología, desde un utensilio de cocina de uso diario hasta un chip de nanotecnología. Una invención puede ser un producto (como un compuesto químico) o un proceso (por ejemplo, un proceso para producir un compuesto químico específico) (WIPO, 2015).

Dado que la mayoría de los países exigen que la invención sea divulgada de forma suficientemente clara y completa para que pueda ser realizada por un experto en la materia, un documento de patente contiene una información mucho más detallada acerca de una tecnología que cualquier otro tipo de publicación técnica o científica. Se trata asimismo de una fuente de información única dado que se calcula que, como promedio, el 70% de la información divulgada en los documentos de patente nunca es objeto de otra publicación (Hong, s. f.).

Las patentes son documentos públicos, por lo que pueden ser consultadas en bases de datos especializadas para tal fin, las cuales pueden ser de libre acceso o de acceso con licencia. Estas últimas suelen ofrecer herramientas avanzadas para la búsqueda y análisis de información.

4.6 ANÁLISIS DE CORRESPONDENCIAS SIMPLE

En la etapa de distribución del Ciclo de Inteligencia Competitiva (ver Figura 1) se utilizan diferentes tablas, matrices o representaciones gráficas como los ya mencionados mapas tecnológicos, los cuales se construyen con información estructurada resultante de bases de datos de patentes o artículos científicos.

Para este trabajo se elaboraron mapas tecnológicos a partir de la búsqueda de patentes; se utilizó el Análisis de Correspondencias Simple (ACS) para el estudio de proximidades o distancias con el propósito de visualizar las relaciones que

existen entre los diferentes datos obtenidos con la herramienta de búsqueda y captura.

El ACS es una técnica multivariante que permite representar las categorías de las filas y columnas de una tabla de contingencia. Constituye el equivalente de componentes principales y coordenadas principales para variables cualitativas. La información de partida ahora es una matriz de dimensiones $I \times J$, que representa las frecuencias absolutas observadas de dos variables cualitativas en n elementos. La primera variable se representa por filas, y suponemos que toma I valores posibles, y la segunda se representa por columnas, y toma J valores posibles.

En general, una tabla de contingencia es un conjunto de números positivos dispuestos en una matriz, donde el número en cada casilla representa la frecuencia absoluta observada para esa combinación de las dos variables.

Una manera de llegar a una tabla de contingencia $I \times J$ es definir dos variables categóricas A y B con I y J categorías, respectivamente, y que han sido observadas cruzando las I categorías A con las J categorías B , obteniendo $n = \sum_{ij} f_{ij}$ observaciones, donde f_{ij} es el número de veces en que aparece la intersección $A_i \cap B_j$, dando lugar a la tabla de contingencia $I \times J$:

	B_1	B_2	$\cdots$	B_J	
A_1	f_{11}	f_{12}	$\cdots$	f_{1J}	$f_{1\cdot}$
A_2	f_{21}	f_{22}	$\cdots$	f_{2J}	$f_{2\cdot}$
$\vdots$			$\ddots$		$\vdots$
A_I	f_{I1}	f_{I2}	$\cdots$	f_{IJ}	$f_{I\cdot}$
	$f_{\cdot 1}$	$f_{\cdot 2}$	$\cdots$	$f_{\cdot J}$	n

Donde $f_{i\cdot} = \sum_j f_{ij}$ son las frecuencias de A_i , $f_{\cdot j} = \sum_i f_{ij}$ son las frecuencias de B_j .

4.6.1 Proyección de las filas y columnas. El procedimiento para buscar una buena representación de las filas de la tabla de contingencia es:

1. Caracterizar las filas por sus frecuencias relativas condicionadas, y considerarlas como puntos en el espacio.
2. Definir la distancia entre los puntos por la distancia χ^2 , que tiene en cuenta que cada coordenada de las filas tiene distinta precisión.
3. Proyectar los puntos sobre las direcciones de máxima variabilidad, teniendo en cuenta que cada fila tiene un peso distinto e igual a su frecuencia relativa.

4.6.2 Procedimiento para elaborar un análisis de correspondencias. A partir de una tabla de contingencia de dimensiones $I \times J$ se realizan los siguientes pasos para obtener un ACS:

1. Se calcula la tabla de frecuencias relativas, F .
2. Se calcula la tabla estandarizada Z , de frecuencias relativas de las mismas dimensiones de la tabla original, $I \times J$, dividiendo cada celda de F por la raíz de los totales de su fila y columna, $Z_{ij} = \{f_{ij} / \sqrt{f_i f_j}\}$.
3. Se calculan los h (normalmente $h = 2$) vectores propios ligados a los valores propios mayores, pero distintos de la unidad, de las matrices de menor dimensión de las ZZ' y $Z'Z$. Si se obtienen los vectores propios de a_i de $Z'Z$, los b_i de ZZ' se obtienen por $b_i = Za_i$. Análogamente si se obtienen los b_i de $ZZ'a_i = Z'b_i$. Las I filas de la matriz se presentarán como I puntos en R^h y las coordenadas de cada fila vienen dadas por: $C_f = D_f^{-1/2}ZA_2$ donde A_2 tiene en columnas los dos vectores propios de $Z'Z$. Las J columnas se representarán como J puntos en R^h y las coordenadas de cada columna son: $C_c = D_c^{-1/2}Z'B_2$ (Peña, 2002).

4.7 MAPAS TECNOLÓGICOS

Los mapas tecnológicos son representaciones gráficas del análisis de información estructurada sea cual sea su origen y permiten obtener una mejor comprensión de los resultados después de desarrollar las etapas de la vigilancia tecnológica con el propósito de divulgar la información para la toma de decisiones y su posterior evaluación.

Pueden ser obtenidos a partir de bases de datos comerciales (por ejemplo, bases de datos de patentes) o de bases de datos elaboradas propiamente por la empresa donde se recoja información diversa: informes de clientes, de competidores, de foros de discusión, etc.

Los mapas tecnológicos se basan en los análisis de artículos o patentes que abarcan un determinado campo tecnológico, en varias ocasiones puede presentarse que dos o más artículos son citados a la vez (cocitados), indicando así que entre estos artículos y sus autores, existe una fuerte relación o *proximidad*, por lo cual muchos autores se han basado en ellos y los citan conjuntamente.

De igual manera, si en un conjunto de artículos técnicos o patentes referentes a una determinada área, dos palabras (en los títulos, en los *abstracts*, en los descriptores, en los identificadores, en las memorias o reivindicaciones de las patentes, etc.) aparecen juntas muchas veces, es decir que su coocurrencia es elevada, será señal de una fuerte relación o “proximidad” entre ambas. En cambio, si pocas veces, o nunca, aparecen juntas (baja coocurrencia), significa que no hay relación o que hay una gran “distancia” entre ellas. También es posible estudiar la coocurrencia entre palabras y empresas, palabras y códigos de clasificación, palabras y fechas, etc.

Estos mapas muestran un panorama detallado de las líneas de investigación en el área en consideración, a través del examen de publicaciones o patentes en una

ventana de tiempo considerada. Tratados dinámicamente, es decir, comparando mapas de diferentes períodos, permiten seguir la evolución en el tiempo de las tecnologías y las líneas de investigación (Escorsa & Maspons, 2001).

4.7.1 Mapas basados en la coocurrencia de palabras (*co-word analysis*). Los mapas basados en las cocitaciones permiten detectar las áreas, *clusters* o programas de investigación en que se subdivide un campo determinado, pero no permiten entrar en el contenido de los documentos. Para conseguirlo es indispensable abordar el análisis de las palabras (de los títulos, de los *abstracts*, de los descriptores, etc.), ya que estas palabras explican el contenido de los propios documentos. Con el análisis *co-word* y los mapas se visualiza la estructura de conocimiento que hay detrás del documento y que lo ha hecho posible.

La coocurrencia de palabras consiste en la elección de las palabras que caracterizan un tema y en contar la coaparición de éstas. Para la selección de palabras, suele ser muy útil contar con el asesoramiento de una persona experta en el tema.

Pero la técnica *co-word* no se limita al estudio de la coocurrencia entre palabras, si no que puede aplicarse también al estudio de la coocurrencia entre palabras y empresas, palabras y fechas, palabras y códigos de clasificación, etc., es decir, entre los diversos campos de información de una base de datos. El análisis de coocurrencias simple incluye dos campos que pueden ser iguales (palabra-palabra) o no (palabra-año, palabra-empresa, etc.), mientras que en el múltiple se trabaja con tres o más campos, siendo el primero el más común. Los campos se pueden elegir libremente, de acuerdo con las necesidades del análisis y variarán en función del análisis realizado.

Existen otras posibilidades de análisis de coocurrencias que pueden ofrecer también resultados muy reveladores: coocurrencias entre palabras clave de productos y/o tecnología y empresas (que permite detectar en que productos y/o tecnologías trabajan las empresas de un sector), empresas-códigos de la clasificación internacional de patentes (para conocer las áreas en que está patentando cada empresa), productos / tecnologías-grupos de patentes, palabras clave / países, etc. (Escorsa & Maspons, 2001).

4.8 ESTADO DEL ARTE

La inteligencia competitiva es un elemento clave para el desarrollo y la planeación estratégica de las empresas, por lo cual se ha trabajado en muchas investigaciones y ha llegado a ser ampliamente aceptada gracias a la importancia ganada a través de los años.

Štefániková & Masárová (2014) señalan la necesidad de la introducción de una inteligencia competitiva integral y destacan su impacto sobre la base de los beneficios más importantes que puede obtener la empresa, tales como la mejora

de la calidad de la información, la rápida toma de decisiones, la mejora sistemática de los procesos de organización, la mejora de la eficiencia organizativa, la reducción de costos y la mejora de la difusión de información; las cuales permiten el ahorro de tiempo y aceleran la identificación de amenazas y oportunidades. El objetivo principal de su trabajo es evaluar la importancia de la inteligencia competitiva basado en diversas encuestas y especialmente para evaluar su integración compleja a lo largo de toda la empresa.

Dentro de la inteligencia competitiva se trata un tema fundamental en el campo de la I+D+i: las patentes. Shih, Liu, & Hsu (2010) afirman que éstas representan directamente la inteligencia competitiva de una industria y que cualquier variación en las tendencias de patentes en una industria en su conjunto influirá directamente en las estrategias de investigación y desarrollo de todas las empresas implicadas. El objetivo de su estudio es descubrir cambios en las tendencias de patentes en diferentes periodos de tiempo sin la necesidad de poseer conocimiento específico, e informar dichos cambios a los gerentes de empresas clasificando el grado de cada uno de los cambios. Señalan demás, citando a Stemberg (2005), que mediante el análisis de datos de patentes, los gerentes pueden evaluar y comprender las tendencias en el desarrollo de tecnologías y planificar las estrategias adecuadas.

Como se ha mencionado previamente, la inteligencia competitiva abarca la vigilancia tecnológica; herramienta de gran importancia estratégica para la empresa, la cual permite resaltar los cambios e innovaciones tecnológicas en un entorno cada vez más dinámico. Escorsa & Maspons (2001) exponen de forma detallada los conceptos que forman parte de la vigilancia tecnológica así como las herramientas y técnicas más importantes de esta ciencia. Incluyen también casos prácticos que permiten tener un acercamiento a la aplicación de la vigilancia tecnológica en la vida real.

Palop & Vicente (1999) señalan una de las funciones más importantes de la vigilancia tecnológica, la facilitación en la incorporación de nuevos avances tecnológicos a los propios productos y procesos de la empresa. Mencionan por ejemplo el caso de Hewlett-Packard, empresa que practicó la vigilancia tecnológica en los años 80 identificando las nuevas aplicaciones electrónicas provenientes de la tecnología láser de Canon. Después de escudriñar la información y estudiar las nuevas aplicaciones de dicha tecnología, HP se movió rápidamente hasta lograr un acuerdo con Canon permitiéndole utilizar la tecnología de ésta en sus nuevas impresoras, las conocidas "LaserJet".

De acuerdo a sus características o a su actividad, las organizaciones adoptan una línea de vigilancia, tal como se expone en el documento de Nosella, Petroni, & Salandra (2008) quienes en su investigación analizan mediante un caso de estudio el enfoque de vigilancia tecnológica de cuatro empresas con el objetivo de identificar los factores que influyen en la manera en la que las compañías direccionan estos procesos encontrando los siguientes: el sector al que

pertenecen, el modelo de negocio que utilizan, la importancia de la tecnología en la cultura de la empresa y su nivel de investigación y desarrollo.

Una de las técnicas más comunes para la vigilancia tecnológica es, al igual que para la inteligencia competitiva, el análisis de patentes, el cual permite la identificación de tendencias tecnológicas en el tiempo; Lee & Lee (2013) exploran los patrones de la innovación y de la evolución en las tecnologías de energía, haciendo especial énfasis en las similitudes y diferencias entre tecnologías. Para ello definieron las tecnologías energéticas pertinentes, extrajeron los datos de patentes asociadas de la *United States Patent and Trademark Office* (USPTO) y luego adoptaron seis índices de patentes y desarrollaron seis mapas de patentes para analizar sus características de innovación. Entre los índices de patentes empleados, utilizaron dos índices de entrada (intensidad del desarrollador e intensidad de la tecnología), dos índices de procesamiento (apertura del desarrollador y apertura de la tecnología) y dos índices de salida (potencial de aplicación y potencial de la tecnología).

Para la construcción de los mapas tecnológicos, se utilizan diversas herramientas, entre ellas se encuentran las herramientas de inteligencia de patentes basada en palabras clave, las cuales son ampliamente utilizadas gracias a su facilidad y simplicidad de uso. Sin embargo, estas últimas son limitadas, ya que no pueden representar conceptos tecnológicos claves a partir de la frecuencia con que ocurren las palabras clave definidas. Para la construcción de mapas tecnológicos, Park, Kim, Choi, & Yoon (2013) proponen un sistema de inteligencia de patentes basado en el Sujeto-Acción-Objeto (SAO). Las estructuras del SAO que se pueden extraer de la información textual de las patentes se conocen como la experiencia y las conclusiones de la invención de la patente correspondiente. Sobre la base de análisis semántico de patentes estructuras SAO, el sistema de inteligencia propuesto construye mapas de patentes y redes de patentes, y sobre la base de esos mapas y redes, el sistema proporciona funcionalidades específicas, incluyendo la identificación de tendencias de la tecnología y las patentes importantes, la detección de nuevas tecnologías, y la identificación de la posible infracción.

El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) de España y la empresa IALE Tecnología (2009) presentan un informe de vigilancia tecnológica enfocado en las Tendencias tecnológicas mundiales en el desarrollo y aplicación de paneles solares fotovoltaicos. Este completo informe muestra el panorama del mercado mundial de la ESF a mayo del 2009, abarcando conceptos técnicos como la descripción, el funcionamiento y los materiales más utilizados en los componentes de un sistema fotovoltaico; al igual que información del mercado de la ESF y de las diez empresas líderes mundiales hasta ese momento.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

Para una mejor comprensión del contexto de la industria de la ESF, se presenta una caracterización de esta industria, la cual se realiza con base en la información obtenida de publicaciones divulgadas por diversas autoridades en el tema.

5.2 IDENTIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS LÍDERES A NIVEL MUNDIAL

Para el desarrollo de este trabajo se inicia con la identificación de las empresas líderes en la fabricación de células y módulos fotovoltaicos, éstas pueden ser consultadas a través de diferentes fuentes, tales como revistas, reportes o informes confiables sobre el dinamismo de este sector.

5.3 DETERMINACIÓN DE LOS FACTORES CRÍTICOS DE VIGILANCIA EN LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

La vigilancia tecnológica supone la búsqueda de información con parámetros muy bien definidos, por tal motivo se deben establecer aquellos factores críticos en el desarrollo de las células y módulos fotovoltaicos, evitando así obtener información de baja relevancia o totalmente fuera de contexto.

5.4 CONSTRUCCIÓN DE LAS ECUACIONES DE BÚSQUEDA

Una vez se identifiquen los factores críticos de vigilancia, se elaboran las ecuaciones de búsqueda que servirán como información de entrada al momento de realizar las consultas en las plataformas de búsqueda seleccionadas.

5.5 BÚSQUEDA DE PATENTES

Con base en las ecuaciones de búsqueda definidas, se realiza la búsqueda en plataformas de información que tengan conectividad a diferentes bases de datos de patentes.

5.6 ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN OBTENIDA

Una vez se obtenga la información de las plataformas de búsqueda, se procede a organizarla en una hoja de cálculo de tal manera que se facilite la selección de los datos pertinentes para su posterior procesamiento y análisis.

5.7 CONSTRUCCIÓN DE LOS MAPAS TECNOLÓGICOS

La construcción de los mapas tecnológicos requiere del uso de un método estadístico multivariado que permita la representación del comportamiento de las actividades de solicitud y registro de patentes de las empresas en un plano bidimensional a través de software especializado en la creación de estos gráficos.

5.8 ANÁLISIS DE TENDENCIAS EN I+D+i

Una vez elaborados los mapas, se analizan los resultados estudiando las tendencias en las actividades de I+D+i. Finalmente, se enuncian las principales conclusiones a partir de las diferentes situaciones que se logren identificar de las compañías seleccionadas para la investigación.

6. METODOLOGÍA

6.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Con el ánimo de que el lector tenga un acercamiento al sector de la ESF, en este apartado se da a conocer el estado actual de este sector a nivel mundial y en Colombia, y se describen de manera general las células y los módulos fotovoltaicos.

6.1.1 Estado actual del sector de la energía solar fotovoltaica a nivel mundial.

La ESF es una fuente de energía que se ha venido desarrollando desde hace más de 100 años, lo cual le confiere un alto grado de importancia entre las energías renovables.

De acuerdo con la información obtenida del reporte *Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018* elaborado por la *European Photovoltaic Industry Association* (EPIA), durante la última década, el mercado fotovoltaico ha crecido a un ritmo notable (incluso durante tiempos económicos difíciles) y está en camino de convertirse en una importante fuente de generación de energía para el mundo. Después de un crecimiento récord en el año 2011, el mercado fotovoltaico mundial se estabilizó en el 2012, y volvió a crecer de manera significativa en el 2013.

El año 2013 fue histórico para la ESF, se instalaron 38,9 GW de capacidad de energía fotovoltaica en todo el mundo llegando así una capacidad instalada acumulada de aproximadamente 139 GW de potencia fotovoltaica.

Por primera vez en más de una década, el mercado fotovoltaico europeo dejó de ser el mayor mercado fotovoltaico regional en el mundo. Asia superó a Europa de una manera dramática, representando alrededor del 56% del mercado fotovoltaico mundial en el 2013.

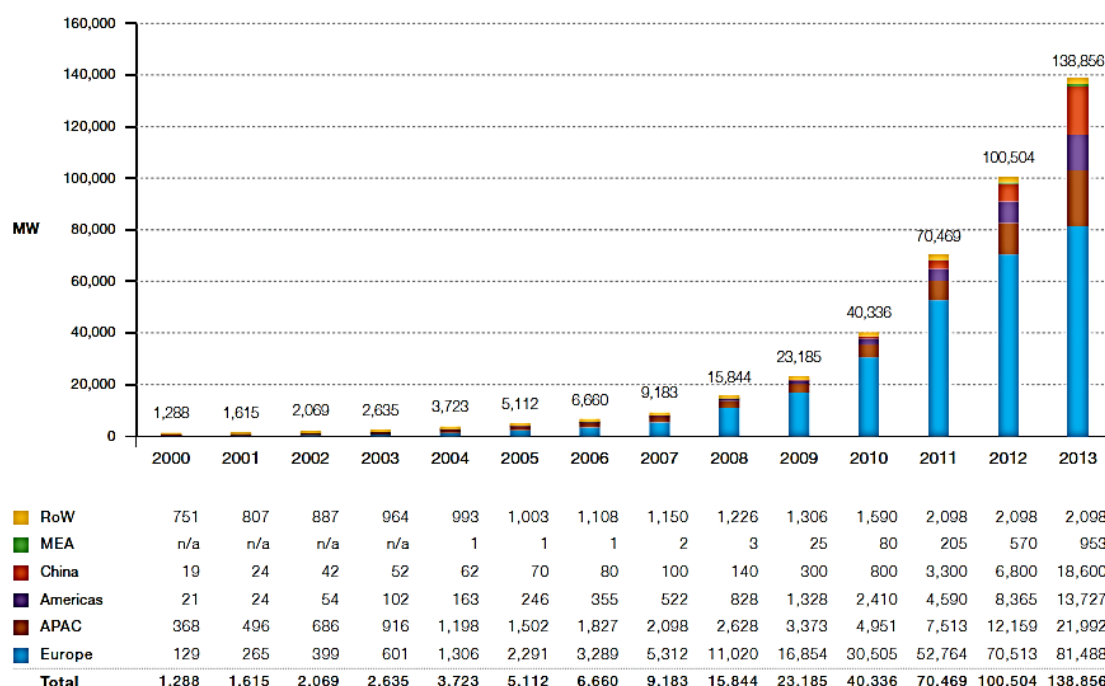
China fue el mercado principal en el año 2013 con 11,8 GW de los cuales 500 MW representan sistemas fuera de la red. Las estadísticas publicadas en mayo del 2014 informan que el país puede haber instalado una capacidad adicional de 1,1 GW con respecto a los 11,8 GW estimados por la EPIA. Dado que no está segura si estas instalaciones fueron conectadas a la red la EPIA no las tomó en cuenta. China fue seguida por Japón con 6,9 GW y los Estados Unidos, con 4,8 GW.

Alemania fue el mayor mercado europeo con 3,3 GW. Otros varios mercados europeos superaron la marca de GW: el Reino Unido (1,5 GW), Italia (1,4 GW), Rumanía (1,1 GW) y Grecia (1,04 GW).

En el 2013, el crecimiento se debió principalmente a países asiáticos, especialmente China y Japón, que ahora clasifican como primero y segundo en el mercado global, respectivamente. Los mercados en América crecieron más lentamente de lo esperado, pero el crecimiento se observó en los Estados Unidos,

Canadá y México. En otras regiones del mundo, el interés en la energía fotovoltaica aún no se ha traducido en el desarrollo significativo del mercado.

Figura 2. Evolución de la capacidad instalada acumulada de ESF a nivel mundial en el periodo 2000-2013



RoW: Rest of the world (Resto del Mundo). **MEA:** Middle East and Africa (Medio Oriente y África). **APAC:** Asia Pacific (Asia y Pacífico).

Fuente 2. Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018 (Masson, Orlandi, & Reking, 2014).

La ESF se ha convertido en la tercera fuente de energía renovable más importante en términos de capacidad instalada a nivel global, después de las energías hidroeléctrica y eólica, y supone ya una fracción significativa del mix eléctrico en la Unión Europea, cubriendo de media el 3,5% de la demanda de electricidad y alcanzando el 7% en los períodos de mayor producción (International Energy Agency, 2015).

Para el año 2014, los cinco países que lideraron en inversión anual, capacidad neta adicionada y producción fueron China, Japón, Estados Unidos, Reino Unido y Alemania, respectivamente. En cuanto a la generación total al final del 2014, los países líderes fueron Alemania, China, Japón, Italia y Estados Unidos, respectivamente (REN21, 2015).

6.1.2 Energía solar fotovoltaica en Colombia. Al igual que el resto de países latinoamericanos, Colombia aun camina a pasos lentos en la construcción de

sistemas solares de gran envergadura, tales como las centrales o huertos solares, estando el mercado más enfocado en proyectos para electrificación rural y aplicaciones puntuales en la industria. Debido a la inexistencia de los grandes proyectos, no se tiene literatura suficiente que hable de la industria solar fotovoltaica en Colombia, destacándose solamente un documento técnico interesante que fue elaborado por el desaparecido Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas, documento que resalta la oferta y demanda de productos durante las décadas de los 80 y 90. Al año 2012, no existía un documento público más completo que ese, en el cual se realice un estudio detallado de oferta y demanda del sector, siendo la mayoría de las publicaciones, enfocadas hacia aplicaciones de la tecnología. El sector en Colombia tiene entonces como principal cliente al estado, a través de la generación de proyectos de electrificación rural, así como compras varias para el área de defensa y cuidado de la seguridad nacional, y otras obras de desarrollo relacionadas con la ampliación tecnológica de entidades y empresas industriales y comerciales del estado. Cabe destacar, que en el sector privado, existen una serie de compradores relacionados con las telecomunicaciones, gasoductos y la red eléctrica nacional. El país posee la estructura legal que fomenta el uso de fuentes alternativas de energía (ley 697 del 2001), además de otras normativas para realizar deducciones por inversiones medioambientales; sin embargo, no se dan en el territorio colombiano aun, los primeros megaproyectos, tal como ya se empiezan a dar en otras economías en proceso de emergentes o emergentes, según lo reflejado en los informes de la EPIA. Respecto a las condiciones geográficas, la región Caribe colombiana posee una gran ventaja comparativa con respecto al resto del país en cuanto a la radiación solar global promedio diario ($\text{kWh/m}^2/\text{día}$), reuniendo así las mejores condiciones para el crecimiento de esta industria en Colombia (Cantillo-guerrero & Daza, 2012).

Luego de revisar varias noticias asociadas con la ESF en Colombia, se puede evidenciar que en los últimos tres años han venido surgiendo diversas iniciativas que buscan impulsar la implementación y el desarrollo de esta energía por parte del sector privado, universidades, centros de investigación y compañías dedicadas al sector energético.

Por ejemplo, gracias a las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ya están funcionando las “Zonas verdes de recarga EPM”, un sistema innovador y ambientalmente sostenible que permite a las personas recargar su celular en lugares públicos empleando la energía que se genera con las radiaciones del sol (EPM, 2013).

En septiembre del 2012, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) firmó un convenio con la empresa SUNSET Solar, el cual dio origen al proyecto “Sunsena”, con el que estas dos entidades unieron sus esfuerzos para promover las fuentes alternativas en Colombia. Sunsena comprendió varias estrategias, la primera fue la instalación de dos plantas fotovoltaicas con una capacidad de 20 kilowatts-pico (kWp), cada una en igual número de instalaciones del Sena, con fines

demostrativos y de formación. Una de estas unidades está ubicada en la sede del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones (CEET) de Bogotá y la otra en el Centro Regional, en Puerto Carreño, Vichada. La energía que genere la unidad que se ubicó en el CEET servirá para atender la demanda de electricidad que necesite este lugar para su funcionamiento. La planta fotovoltaica está estimada para que produzca 31 600 kW/año de energía, por tanto, esto le generará a esta sede un ahorro en el consumo de electricidad de unos 15 millones de pesos anualmente. Entre tanto, el proyecto que se instaló en Puerto Carreño - Vichada, será un sistema híbrido de almacenamiento y de inyección de energía eléctrica a la red de este Centro Regional, con lo cual el SENA entra a promover el uso de fuentes alternativas en el país. El proyecto Sunsena, fue cofinanciado por el Ministerio Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), que aportó 193 mil euros, por SUNSET Energietechnik GmbH, con 225.068 euros y el SENA que colaboró con adecuaciones físicas, logísticas y otros gastos.

El SENA entrará a valorar las diferentes tecnologías que existen actualmente en el mercado de paneles fotovoltaicos, para establecer cuáles son las que más se adaptan a las regiones colombianas, según sus condiciones meteorológicas y de radiación solar e igualmente comenzará a ofrecer un programa de formación sobre sistemas de ESF (Revista Portafolio, 2014).

Para el año 2015, la ciudad de Santiago de Cali fue elegida para llevar a cabo una de las competencias más importantes del mundo en materia de ESF, el *Solar Decathlon*, que se realiza por primera vez en América Latina y el Caribe. El *Solar Decathlon* para América Latina y el Caribe LAC2015 reta a los estudiantes de diversas carreras a que participen en el diseño, la construcción y la operación de soluciones de viviendas sostenibles y que operen con ESF y que resulten rentables, energéticamente eficientes y atractivas en cuanto a diseño y distribución (Solar Decathlon, 2014).

Por su parte, el gobierno colombiano también ha empezado a impulsar proyectos que involucren energías renovables. De acuerdo con el informe de gestión de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) del año 2013, con relación a los potenciales solar y eólico en la Región Caribe con énfasis en La Guajira, se trabaja en establecer un modelo regional de desarrollo implementado parcialmente (banco de proyectos de corto, mediano y largo plazo -costo/beneficio), mediante una visión coordinada de las posibilidades en los potenciales de los recursos eólico y solar, los recursos técnicos, humanos, financieros, educativos, de investigación, de experiencias públicas y privadas. Lo anterior determinando una aproximación a las escalas o tamaños de proyectos posibles y sus implicaciones y retos en los diversos ámbitos educativos, agentes sectoriales, del Sistema interconectado Nacional, de investigación, entre otros. Los resultados esperados son: atlas regionales de los recursos solar y eólico, escenarios de desarrollo regional con énfasis en La Guajira, instalación de tres estaciones de medición, banco de proyectos, entre los principales (UPME, 2013).

Todas las iniciativas aquí mencionadas demuestran que aunque en Colombia la ESF es relativamente nueva, varias instituciones incluyendo el Gobierno, han decidido iniciar proyectos de diversa índole en busca de desarrollar las diferentes aplicaciones de este tipo de energía, indicando que en Colombia la ESF tiene un futuro prometedor y que hay un camino largo por recorrer en materia de políticas de energía, investigación y desarrollo, capacitación de personal técnico y profesional, instalación de plantas solares fotovoltaicas, entre otras actividades que permitirán que el país tenga mayor impacto en el sector de energías renovables tanto en Suramérica como a nivel mundial.

6.1.3 Células y módulos fotovoltaicos. La unidad básica de un sistema fotovoltaico es la célula fotovoltaica que convierte la energía del sol directamente en electricidad, gracias al efecto fotoeléctrico, observado por primera vez por el científico francés Becquerel en 1839, y a las propiedades de determinados materiales semiconductores.

La potencia eléctrica de una célula fotovoltaica individual es muy débil, entre 1 y 3 W. Por lo tanto, con el fin de generar mayor potencia las células se reagrupan en módulos fotovoltaicos. Los principales componentes de un módulo fotovoltaico son:

- Vidrio templado con un alto coeficiente de transmisividad a la radiación incidente (~ 95%).
- Cubierta posterior de lámina delgada opaca o un polímero. En algunas aplicaciones en conexión a red, para una mejor integración en la cubierta o fachadas de edificios se suele colocar un polímero transparente con otro vidrio.
- Polímero transparente encapsulante, utilizado para ensamblar correctamente el módulo.
- Marco y caja de conexiones, perfiles de aluminio sellados, situando la caja de conexiones en la cara posterior del módulo.

Las condiciones de funcionamiento de los módulos dependen de la radiación solar y la temperatura. Por ello, se han definido unas condiciones de trabajo estándar que permitan medir y comparar correctamente los diferentes módulos fotovoltaicos. Estas condiciones se han normalizado para una temperatura de 25°C y 1.000 W/m² de radiación solar.

Todo el conjunto debe estar aislado del exterior de manera que se puedan exponer sin problemas a la intemperie. Su mantenimiento es sencillo, simplemente se debe utilizar algún producto no abrasivo. Además presentan la ventaja de que son fáciles de instalar, silenciosos y no producen ningún tipo de contaminación ambiental. Se suelen montar agrupándolos en solares o parques fotovoltaicos y su efectividad depende tanto de su orientación hacia el sol como de su inclinación respecto a la horizontal. Para ahorrar gasto de instalación y mantenimiento se

suelen montar con orientación e inclinación fija, tratando de optimizarlos al máximo en función de la latitud, aunque existen paneles orientables.

La vida útil media, a máximo rendimiento, se sitúa en torno a los 25-30 años. Por ejemplo, General Electric garantiza a sus clientes que durante los diez primeros años después de la compra, un módulo de 200 W y 26,3 V, producirá al menos el 90% de los niveles especificados por el fabricante. En los siguientes 25 años si estos valores caen por debajo del 80% se comprometen a reemplazar el módulo en su totalidad.

Existen varios tipos de módulos fotovoltaicos dependiendo de que se utilicen en sistemas aislados o conectados a la red. Los módulos aislados de la red son los más sencillos y de menor costo. Además, también dependen del uso que se les va a dar, para autoabastecimiento o comercialización (CIEMAT e IALE Tecnología, 2009).

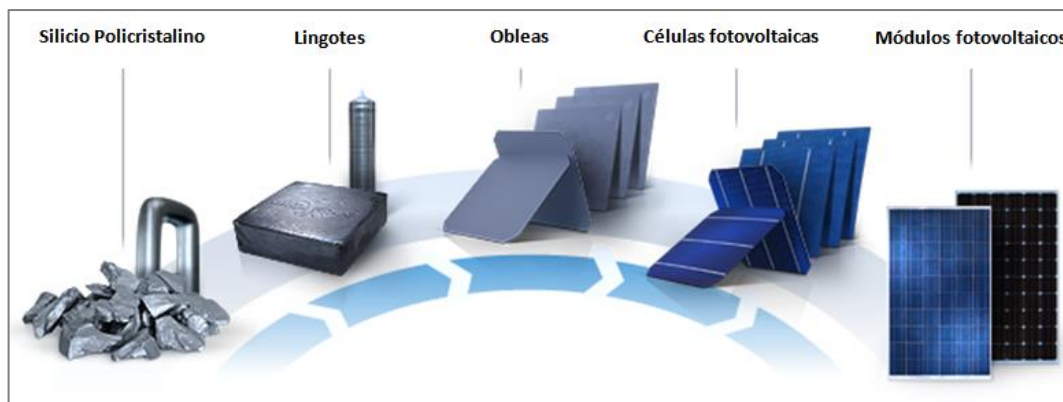
Finalmente, es necesario aclarar que aparte de las células y de los módulos fotovoltaicos, existen otros elementos como baterías, inversores (necesarios para el acondicionamiento de potencia), estructuras y accesorios, que en conjunto constituyen un **sistema de generación fotovoltaica**.

6.2 EMPRESAS LÍDERES A NIVEL MUNDIAL EN LA PRODUCCIÓN DE CÉLULAS Y MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

La producción de tecnologías de ESF comprende toda una cadena de procesos y productos, sus principales actividades son la cristalización y fabricación de obleas, la fabricación de las células fotovoltaicas y la elaboración de los módulos fotovoltaicos (ver Figura 3).

La mayoría de las empresas líderes en el mercado están integradas verticalmente, es decir que trabajan todos los procesos que van desde la producción del polisilicio hasta el ensamblado de los módulos fotovoltaicos. La producción automatizada de lingotes, obleas, células y módulos garantiza un riguroso control de la calidad de los materiales y de la producción, brindando una importante ventaja en materia de costos. Adicionalmente, la producción centralizada elimina los costos medioambientales de transporte, rotura y embalaje.

Figura 3. Cadena de producción de los módulos solares fotovoltaicos con silicio policristalino.



Fuente 3. Modificado del sitio web de la empresa Yingli Solar (2015).

Según información encontrada en el portal web Statista, el cual proporciona acceso a los datos de las instituciones del mercado y de investigación de la opinión, así como de las organizaciones empresariales e instituciones gubernamentales, para el año 2013 los líderes a nivel mundial en la fabricación de módulos fotovoltaicos según su participación de mercado fueron:

Tabla 1. Clasificación de líderes a nivel mundial en la fabricación de módulos fotovoltaicos basada en su participación de mercado en el año 2013.

Compañía	Sede Principal	Ranking	Participación de mercado
Yingli Green Energy	China	1	8,2%
Trina Solar	China	2	6,7%
Sharp Corp.	Japón	3	5,4%
Canadian Solar	Canadá	4	4,9%
JinkoSolar	China	5	4,6%
ReneSola	China	6	4,5%
First Solar	Estados Unidos	7	4,2%
Hanwha Q CELLS	Corea del Sur	8	3,3%
JA Solar	China	9	3,2%
Kyocera Corp.	Japón	10	3,1%

Fuente 4. Elaboración propia a partir de la información brindada por Statista (2014).

En la clasificación presentada por IHS Inc., compañía global de información y análisis con expertos de nivel internacional en las áreas fundamentales de los negocios, se presentan las compañías de acuerdo a los megawatts (MW) vendidos en módulos fotovoltaicos para los años 2013 y 2014:

Tabla 2. Top 10 de los principales proveedores de módulos fotovoltaicos

Compañía	Ranking 2013	Ranking 2014
Trina Solar	2	1
Yingli Solar	1	2
Canadian Solar	3	3
Hanwha Q CELLS	10	4
JinkoSolar	5	5
JA Solar	9	6
Sharp Corp.	4	7
ReneSola	7	8
First Solar	6	9
Kyocera Corp.	8	10

Fuente 5. Elaboración propia con base en información obtenida de IHS (2015).

Mints (2015), fundadora y analista jefe de investigación de mercados de la firma de investigación del mercado de ESF, *SPV Market Research*, brinda información que permitió identificar en la siguiente tabla empresas adicionales que han estado durante la última década dentro de este ranking:

Tabla 3. Otras compañías líderes

Compañía	Sede Principal
Gintech Energy	Taiwán
Hareon Solar	China
Motech Industries	Taiwán
Neo Solar Power	Taiwán
SunPower	Estados Unidos
Suntech Power	China

Fuente 6. Elaboración propia con base en información de *SPV Market Research*.

Por otro lado, con base en la información brindada por el sitio web *Yahoo! Finance*, en la tabla 4 se muestra la inversión en I+D en miles de USD por parte de estas empresas durante sus respectivos años fiscales del 2014, 2013 y 2012.

Tabla 4. Inversión en I+D en miles de USD para el periodo 2012-2014 de las empresas líderes.

Compañía	Año 2014	Año 2013	Año 2012
First Solar	\$ 143.969,00	\$ 134.300,00	\$ 132.460,00
Yingli Solar	\$ 92.487,00	\$ 47.655,00	\$ 30.101,00
SunPower	\$ 73.343,00	\$ 58.080,00	\$ 63.456,00
ReneSola	\$ 52.575,00	\$ 46.452,00	\$ 44.102,00
Suntech Power	\$ 38.600,00	\$ 40.200,00	\$ 29.000,00
JA Solar	\$ 22.515,00	\$ 14.587,00	\$ 13.872,00
Trina Solar	\$ 22.258,00	\$ 19.926,00	\$ 26.510,00
JinkoSolar	\$ 17.187,00	\$ 10.816,00	\$ 11.069,00
Hanwha Q CELLS	\$ 13.775,00	\$ 15.239,00	\$ 14.577,00
Canadian Solar	\$ 12.057,00	\$ 11.685,00	\$ 12.998,00

Fuente 7. Elaboración propia con base en información obtenida del sitio web *Yahoo! Finance* *

Con base en la información de las tablas anteriores, en el siguiente listado se organizan alfabéticamente las empresas líderes a nivel mundial en la producción de módulos fotovoltaicos con sus respectivos nombres legales y abreviaciones asignadas por el autor, las cuales tienen como finalidad facilitar la identificación de las compañías de aquí en adelante.

Tabla 5. Principales compañías en el mercado de células y módulos fotovoltaicos a nivel mundial

Compañía	Abreviación
Canadian Solar Inc.	CAN
First Solar, Inc.	FIR
Gintech Energy Corporation	GIN
Hanwha Q CELLS Co., Ltd.*	HAN
Hareon Solar Technology Co., Ltd.	HAR
JA Solar Holdings Co., Ltd	JAS
JinkoSolar Holding Co., Ltd.	JIN
Kyocera Corporation	KYO
Motech Industries Inc.	MOT

* Las empresas Gintech Energy, Hareon Solar, Kyocera Corp., Motech Industries, Neo Solar Power y Sharp Corp. no registran información de sus gastos operativos de investigación y desarrollo en la divisa del dólar estadounidense (USD), por lo que no se incluyeron en esta tabla.

* En febrero del 2015, Hanwha Q CELLS Co., Ltd. surge de la combinación de Hanwha SolarOne y Hanwha Q CELLS, permaneciendo en el Hanwha Group, uno de los mayores conglomerados en Corea del Sur.

Compañía	Abreviación
Neo Solar Power Corporation	NEO
ReneSola Ltd.	REN
Sharp Corporation	SHA
SunPower Corporation	SUN
Suntech Power Holdings Co., Ltd.	SUT
Trina Solar Ltd.	TRI
Yingli Green Energy Holding Co., Ltd	YIN

Fuente 8. Elaboración propia.

6.3 FACTORES CRÍTICOS EN LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Los factores críticos de vigilancia tecnológica son de gran utilidad para medir la intensidad y rapidez de los cambios tecnológicos del entorno competitivo. Son útiles para determinar el riesgo de obsolescencia tecnológica, los potenciales peligros de un disruptor lateral y para identificar oportunidades relacionadas con la innovación tecnológica. Son muy relevantes en industrias donde el componente tecnológico juega un rol estratégico en la viabilidad del negocio (Archanco, 2013).

Con base en información obtenida de los reportes anuales de las empresas mencionadas anteriormente, se identificaron los factores que estas compañías tienen en cuenta para ser competitivos en el mercado y orientar sus esfuerzos de I+D, para posteriormente validar con la opinión de un experto en el tema cuáles son los factores críticos de vigilancia tecnológica a trabajar.

Tabla 6. Listado de factores críticos de vigilancia de las empresas seleccionadas

Compañía	Factor crítico
Canadian Solar Inc.	Apariencia estética (de los módulos)
	Calidad
	Costos de fabricación
	Eficiencia de conversión
	LCOE (costo nivelado de energía)
	Precio
	Rendimiento
First Solar, Inc.	Confiabilidad
	Eficiencia de conversión
	Precio

Compañía	Factor crítico
Gintech Energy Corporation	Sin información [*]
Hanwha Q CELLS Co., Ltd.	Apariencia estética (de los módulos)
	Calidad
	Eficiencia de conversión
	Precio
Hareon Solar Technology Co., Ltd.	Rendimiento
	Sin información ^{**}
	Costos de fabricación
	Eficiencia de conversión
JA Solar Holdings Co., Ltd	Calidad
	Consistencia en la potencia promedio
	Costos de fabricación
	Eficiencia de conversión
JinkoSolar Holding Co., Ltd.	Eficiencia de fabricación
	Fácil acceso a los recursos clave
	Precio
	Calidad
Kyocera Corporation	Vida útil
	Eficiencia de conversión
	Sin información ^{***}
Motech Industries Inc.	Costos de fabricación
Neo Solar Power Corporation	Eficiencia de conversión
	Apariencia estética (de los módulos)
ReneSola Ltd.	Calidad
	Consistencia en la potencia promedio
	Costos de fabricación
	Vida útil
	Eficiencia de conversión
	Precio
	Rendimiento
Sharp Corporation	Sin información ^{****}

* No fue posible identificar la información correspondiente debido al idioma del documento.

** Ídem.

*** Ídem.

Compañía	Factor crítico
SunPower Corporation	Apariencia estética (de los módulos)
	Eficiencia de conversión
	LCOE (costo nivelado de energía)
	Precio
	Rendimiento
Suntech Power Holdings Co., Ltd.	Costos de fabricación
	Eficiencia de conversión
Trina Solar Ltd.	Apariencia estética (de los módulos)
	Eficiencia de conversión
	Eficiencia de fabricación
	Precio
	Rendimiento
Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.	Apariencia estética (de los módulos)
	Consistencia en la potencia promedio
Yingli Green Energy Holding Co., Ltd.	Vida útil
	Precio

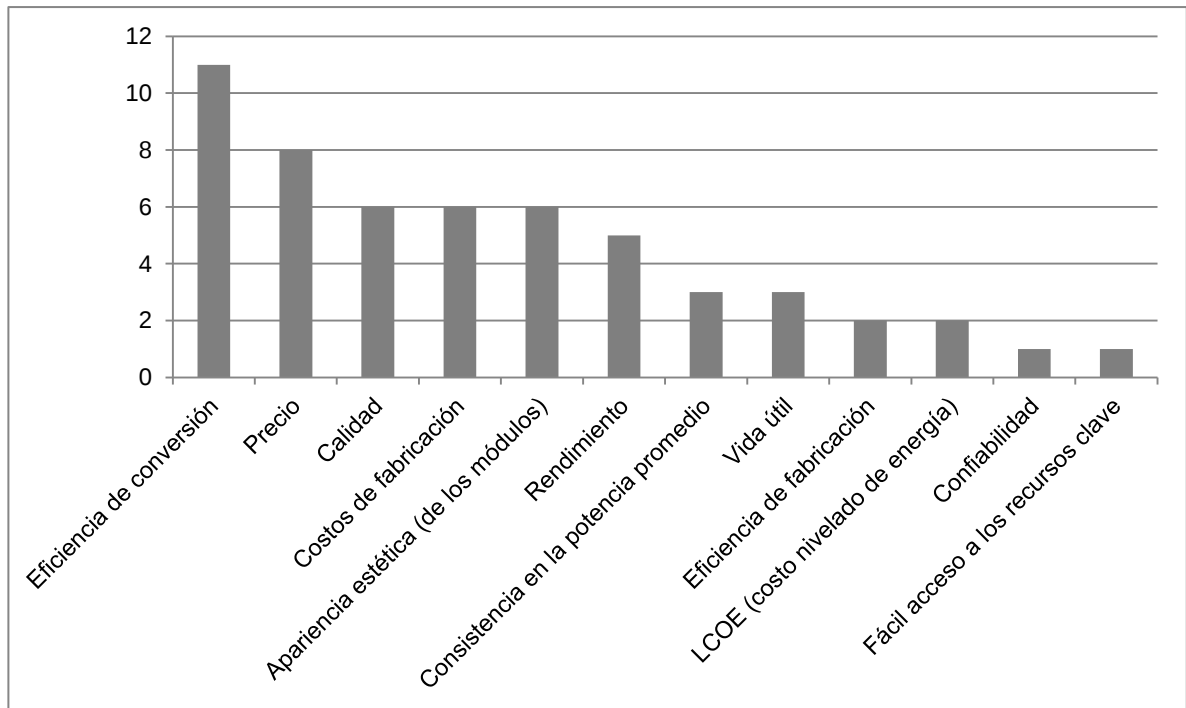
Fuente 9. Elaboración propia a partir de los reportes anuales de las empresas en el año 2014*****

Con la información de la tabla anterior se elabora el siguiente histograma para identificar la relevancia de los factores críticos de vigilancia.

**** En el Reporte Anual de Sharp no se especifica esta información.

***** Debido a la disponibilidad de la información, para las empresas: JinkoSolar, se tomó la información del Reporte Anual del año 2013; Neo Solar Power, se tomó la información del Reporte Anual del año 2011; Suntech Power, se tomó la información del Reporte Anual del año 2011.

Figura 4. Factores críticos en materia de competitividad e I+D de las compañías líderes



Fuente 10. Elaboración propia.

Se puede observar que los factores más relevantes son la eficiencia de conversión, el precio, la calidad, los costos de fabricación, la apariencia estética, y el rendimiento de los productos.

El precio, la calidad, el LCOE, y la facilidad de acceso a los recursos clave no se consideran como factores tecnológicos debido a que son variables que tienen en cuenta aspectos adicionales que no son característicos del proceso de I+D+i.

Como parte del proceso de vigilancia tecnológica, es recomendable validar los factores críticos con un experto, por lo que se realizó una encuesta al profesor Álvaro Ramírez Colonia, docente del Departamento de Física de la Universidad del Valle (ver Anexo A), que permitió identificar y confirmar los siguientes factores críticos:

- Eficiencia de conversión
- Apariencia estética
- Rendimiento
- Vida útil
- Costo
- Confiabilidad

6.3.1 Herramienta seleccionada para la búsqueda de patentes. En primera instancia, se utilizó la plataforma de acceso libre PATENTSCOPE, ofrecida por la *World Intellectual Property Organization* (WIPO), que tiene conectividad con la información de varias oficinas de patentes a nivel global. Sin embargo, al momento de descargar la información, esta plataforma solamente permite bajar los *abstracts* de los primeros 100 registros de cada búsqueda. En vista de que la cantidad de registros encontrados en varias de las búsquedas superaba éste límite, no fue posible continuar con el desarrollo de la metodología con PATENTSCOPE, por lo que se optó por trabajar con Orbit.com a través de una licencia de uso temporal concedida por la empresa Questel.

Orbit.com ofrece una amplia gama de búsqueda de patentes y diseños, visualización, análisis y descarga de información en diversos formatos. La amplitud de los campos de datos disponibles y la flexibilidad de la Búsqueda Avanzada permite a los usuarios elaborar detalladas y complejas consultas.

Los asistentes y herramientas auxiliares accesibles a través de la modalidad de Búsqueda Avanzada permiten al usuario ampliar su consulta a través de diccionarios multilingües, opciones de navegación por índices, e incluso una herramienta de árbol de la empresa.

La plataforma permite también guardar las búsquedas realizadas para acceder con mayor facilidad a los resultados obtenidos previamente y de esta manera desarrollar análisis consistentes.

A través de la Colección FamPat, esta herramienta se asocia a bases de datos de diferentes oficinas de patentes a nivel mundial entre las cuales están la USPTO (*United States Patent and Trademark Office*), la EPO (*European Patent Office*), la WIPO, la JPO (*Japanese Patent Office*), entre otras (ver Anexo B).

6.3.2 Obtención de las ecuaciones de búsqueda. El sistema de búsqueda de Orbit.com ofrece diferentes modalidades de búsqueda, de entre las cuales se seleccionó la de Búsqueda Avanzada ya que cumple con las herramientas necesarias para este caso.

Esta modalidad se compone de las secciones “Palabras Clave (*Keywords*)”, “Clasificaciones (*Classifications*)”, “Nombres (*Names*)”, “Números, fechas y país (*Numbers, dates & country*)”, “Estado legal (*Legal status*)”, “Más campos (*More fields*)” y “Colecciones (*Collections*)”.

Teniendo en cuenta que la actividad económica de algunas de las compañías seleccionadas va más allá de la producción de **células fotovoltaicas y módulos fotovoltaicos**, se utilizaron estas palabras para acotar la búsqueda de patentes al tema de investigación correspondiente. En ese orden de ideas, dentro de la sección “Palabras Clave (*Keywords*)”, en el campo “Resumen (*Abstract*)” se ingresó (teniendo en cuenta la sintaxis manejada por la plataforma) la ecuación “**(PHOTOVOLTAIC CELL) OR (SOLAR CELL) OR (PHOTOVOLTAIC MODULE)**”

OR (SOLAR MODULE)” para obtener resultados que contengan en su respectivo resumen por lo menos uno de los siguientes términos*:

- Célula fotovoltaica
- Célula solar
- Módulo fotovoltaico
- Módulo solar

Dentro de la sección “Nombres (*Names*)”, en el campo “Cesionario (*Assignee*)” se ingresó el nombre de la empresa sobre la cual se quería consultar. Para este campo, la plataforma ofrece la opción de consultar el Árbol de la Empresa (*Corporate Tree*) el cual permite identificar y seleccionar todas aquellas subsidiarias que pertenezcan a la empresa en cuestión.

En la sección “Colecciones (*Collections*)” se trabajó con la opción “Patentes Mundiales (texto y bibliografía completa) agrupadas por Familias basadas en invención (FamPat)” sin límite alguno en la fecha de publicación.

Cabe destacar que en la opción de Búsqueda Avanzada, el sistema hace uso de operadores booleanos en la sintaxis de la ecuación de búsqueda generada, en este caso utilizó el operador *OR*** dentro de la ecuación y, el operador *AND**** para conectar los campos “Resumen (*Abstract*)” y “Cesionario (*Assignee*)”.

6.4 CAPTURA Y ORGANIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE PATENTES

Con todos los parámetros definidos previamente se procedió a realizar la búsqueda para cada una de las compañías. En el proceso no se definió un horizonte de tiempo dado que fue de gran interés conocer los avances de I+D+i a lo largo de la historia de cada compañía, de acuerdo a los registros disponibles en la Colección FamPat de Orbit.com (ver Anexo B).

Los datos que se obtuvieron de esta búsqueda se muestran en la tabla 8, estos fueron consultados entre el 19 y el 21 de octubre de 2015 con la ecuación definida para el campo de Palabras Clave.

Esta información fue descargada en una hoja de Cálculo de Microsoft Excel, sobre la cual se organizó la información por medio de un método heurístico que permitió separar el contenido del resumen de cada familia de patentes de tal forma que cada palabra quedara en una celda y columna aparte, formando así un listado horizontal de palabras para cada familia de patentes.

* Los términos “Célula solar” y “Módulo solar” corresponden a sinónimos de los términos “Célula fotovoltaica” y “Módulo fotovoltaico”, respectivamente.

** Al conectar dos términos con el operador booleano *OR* se recuperan resultados que contienen uno o ambos términos.

*** Al conectar dos términos con el operador booleano *AND* se recuperan resultados que contienen ambos términos.

Con base en los factores críticos mencionados previamente, en la siguiente tabla se definen las abreviaciones y los contadores empleados para organizar la información obtenida de Orbit.com y manejar una nomenclatura más corta durante los diferentes análisis.

Tabla 7. Abreviaciones y contadores de los factores críticos

Factor Crítico	Abreviación del Factor Crítico	Contador del Factor Crítico	Estructura del contador del factor crítico
Eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas	Cel_efic	C1	<i>solar/photovoltaic + cell + conversion + efficiency</i>
Apariencia estética de las células fotovoltaicas	Cel_apar	C2	<i>solar/photovoltaic + cell + appearance*</i>
Rendimiento de las células fotovoltaicas	Cel_rend	C3	<i>solar/photovoltaic + cell + performance/yield</i>
Vida útil de las células fotovoltaicas	Cel_vida	C4	<i>solar/photovoltaic + cell + lifetime</i>
Costo de las células fotovoltaicas	Cel_cost	C5	<i>solar/photovoltaic + cell + cost</i>
Confiabilidad de las células fotovoltaicas	Cel_conf	C6	<i>solar/photovoltaic + cell + reliability</i>
Eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos	Mod_efic	M1	<i>solar/photovoltaic + module + conversion + efficiency</i>
Apariencia estética de los módulos fotovoltaicos	Mod_apar	M2	<i>solar/photovoltaic + module + appearance**</i>
Rendimiento de los módulos fotovoltaicos	Mod_rend	M3	<i>solar/photovoltaic + module + performance/yield</i>
Vida útil de los módulos fotovoltaicos	Mod_vida	M4	<i>solar/photovoltaic + module + lifetime</i>
Costo de los módulos fotovoltaicos	Mod_cost	M5	<i>solar/photovoltaic + module + cost</i>
Confiabilidad de los módulos fotovoltaicos	Mod_conf	M6	<i>solar/photovoltaic + module + reliability</i>

Fuente 11. Elaboración propia.

* Al realizar las búsquedas se identificó que con el término “apariencia estética” se encontraron menos resultados de los que realmente aplicarían para el factor en cuestión, por lo que se trabajó con “apariencia” luego de verificar que los resultados obtenidos fueran válidos y acordes con el factor de apariencia estética.

** Ídem.

La estructura del contador hace referencia a las palabras que debe contener el *Abstract* de la familia de patentes para que ésta se considere dentro de ese contador. Por ejemplo, para que se clasifique dentro del contador C1 (Eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas) el *Abstract* debe contener las palabras *solar* o *photovoltaic*, *cell*, *conversion* y *efficiency*.

Con estos contadores se logró conocer los factores críticos con los cuales cumplen todas y cada una de las familias de patentes encontradas. Una vez identificados se agruparon por compañía para obtener la siguiente Tabla de contingencia.

Tabla 8. Frecuencias de los factores críticos en los registros por compañía

Compañía	C1	C2	C3	C4	C5	C6	M1	M2	M3	M4	M5	M6
CAN	15	2	8	1	6	1	3	2	2	0	8	2
FIR	0	0	1	0	0	0	0	1	3	0	0	1
GIN	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HAN	3	2	2	2	4	0	0	1	1	0	0	0
HAR	8	1	10	1	35	2	0	0	0	0	2	0
JAS	1	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0
JIN	20	1	6	2	14	0	2	0	3	0	6	4
KYO	54	1	17	1	16	15	16	19	16	1	16	45
MOT	14	1	1	0	8	2	25	0	4	0	5	5
NEO	3	0	2	0	3	2	2	0	0	0	2	0
REN	9	0	1	0	5	0	1	0	2	0	5	0
SHA	149	13	49	9	68	38	18	12	20	2	35	29
SUN	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
SUT	9	2	8	0	18	7	4	1	8	0	11	12
TRI	32	0	21	1	30	2	4	3	6	0	14	7
YIN	33	3	16	0	47	1	1	2	9	0	26	2

Fuente 12. Elaboración propia.

Durante este procedimiento se identificó que:

- De las **4 370** familias de patentes encontradas, **1 117** cumplen con al menos uno de los contadores definidos, es decir que el **25,56%** de los resultados de las búsquedas en Orbit.com conforman el conjunto de familias de patentes con el cual se realizarán los respectivos análisis.
- A partir de esas **1 117** familias de patentes válidas, se encontró un total de **1 304** casos para los contadores definidos.

- Las compañías con mayor nivel de invención con relación a los factores críticos identificados fueron Sharp Corp., Kyocera Corp., Yingli Solar y Trina Solar, con un total de **442, 217, 140 y 120** casos, respectivamente.

Luego de revisar el archivo donde se consolidaron todas las familias de patentes descargadas de todas las compañías (4 370 registros) se encontró que cada una de ellas aparece una sola vez, por lo que no fue necesario realizar un proceso de depuración en busca de registros duplicados.

6.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO ESTADÍSTICO MULTIVARIADO

Para procesar los datos obtenidos en el anterior apartado se utilizó el software de Microsoft Excel, el software de análisis estadístico XLSTAT y el software libre R, en este último se realizó una programación con códigos propios de su lenguaje para obtener la información estadística y su representación gráfica.

Este análisis se dividió en dos fases que se presentan a continuación:

- La primera fase, ejecutada en Microsoft Excel, corresponde a un análisis exploratorio de datos univariado, con el cual se buscó identificar a las compañías que tengan más patentes para los distintos factores críticos establecidos en este estudio.
- La segunda fase, ejecutada en XLSTAT y R, se basa en la realización del Análisis de Correspondencias Simple (ACS), con ello se obtuvieron los mapas tecnológicos necesarios para el cumplimiento del objetivo de la investigación.

En la tabla 5 (ver págs. 45 y 46) y la tabla 7 (ver pág. 52) se muestran las abreviaciones de las variables categóricas (compañías y factores críticos, respectivamente). Dichas abreviaciones son necesarias para la correcta interpretación de los resultados presentados en el próximo capítulo.

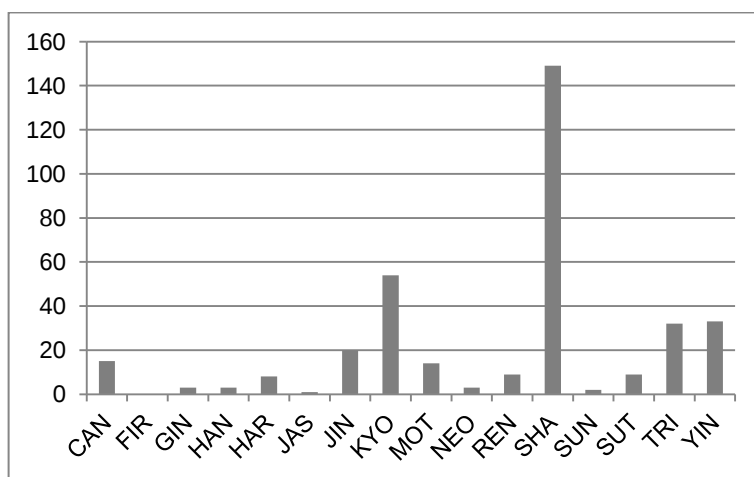
7. RESULTADOS

7.1 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE DATOS UNIVARIADO

El propósito del análisis exploratorio de datos es la organización, representación y descripción de los datos, como pasos necesarios para extraer la información que contienen, de forma que se entienda fácilmente su estructura.

En este análisis univariado se tomó por aparte cada uno de los factores críticos estudiados con el fin de tener una visualización del número de patentes por empresa para cada factor, previa al análisis de correspondencias. Para ello se elaboraron los siguientes gráficos de barras:

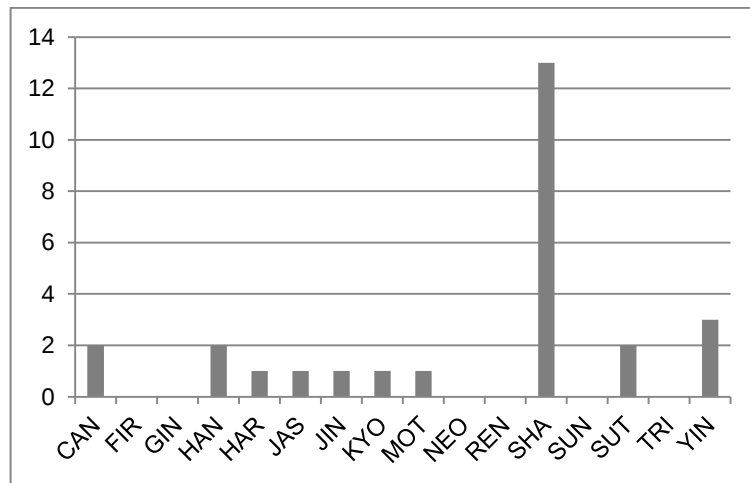
Figura 5. Número de patentes por compañía asociadas con el factor eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas



Fuente 13. Elaboración propia.

En la figura 5 se puede observar que las empresas con mayor producción de patentes relacionadas con la eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas son Sharp Corp. (SHA) con 149 patentes, seguida por Kyocera Corp. (KYO) con 54 patentes, Yingli Solar (YIN) con 33 y Trina Solar (TRI) con 32. En el otro extremo, las empresas First Solar (FIR), Gintech Energy (GIN), Hanwha Q CELLS (HAN), JA Solar (JAS), Neo Solar Power (NEO) y Suntech Power (SUT) registran ninguna o muy pocas patentes relacionadas con este factor.

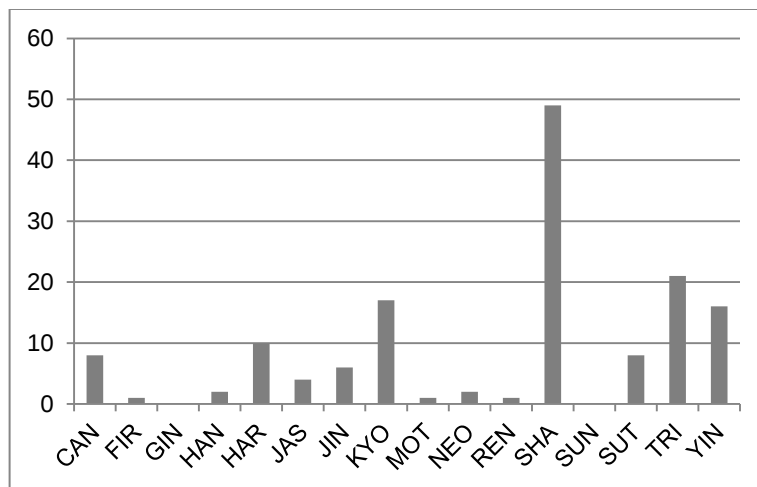
Figura 6. Número de patentes asociadas con el factor apariencia estética de las células fotovoltaicas



Fuente 14. Elaboración propia.

En la figura 6 se observa que para el factor apariencia estética de las células fotovoltaicas, la empresa Sharp Corp. (SHA) presenta 13 patentes, mientras que las demás empresas presentan un bajo nivel de invención comparado con el de Sharp Corp., teniendo en promedio una patente vinculada a este factor.

Figura 7. Número de patentes por compañía asociadas con el factor rendimiento de las células fotovoltaicas

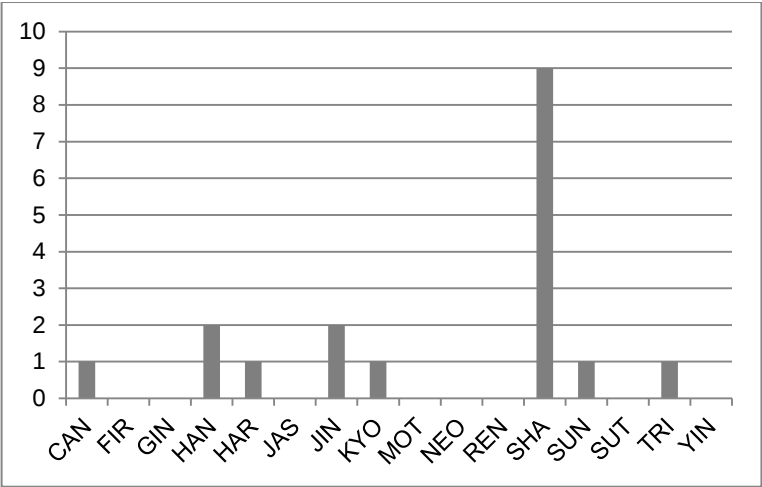


Fuente 15. Elaboración propia.

En la figura 7 se muestra la distribución de patentes para el factor rendimiento de las células fotovoltaicas. Sharp Corp. (SHA) es líder con 49 patentes, le sigue Trina Solar (TRI) con 21, Kyocera Corp. (KYO) con 17 y Yingli Solar (YIN) con 16

patentes. Gintech Energy (GIN) y Suntech Power (SUT) no registran patentes para este factor.

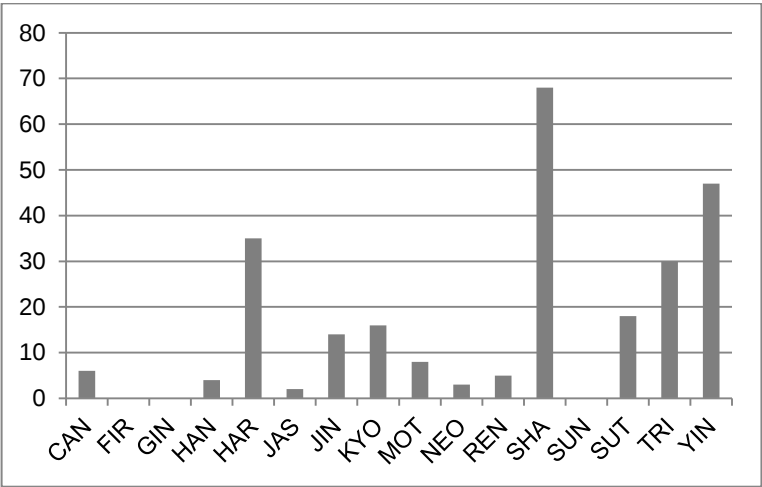
Figura 8. Número de patentes por compañía asociadas con el factor vida útil de las células fotovoltaicas



Fuente 16. Elaboración propia.

En la figura 8 se puede apreciar que Sharp Corp. (SHA) tiene 9 patentes, seguida por Hanwha Q CELLS (HAN) y JinkoSolar (JIN) con 2 patentes cada una. Canadian Solar (CAN), Hareon Solar (HAR), Kyocera Corp. (KYO), SunPower (SUN) y Trina Solar (TRI). Por otro lado, un total de 8 empresas presentan un nivel de invención nulo respecto al factor vida útil de las células fotovoltaicas.

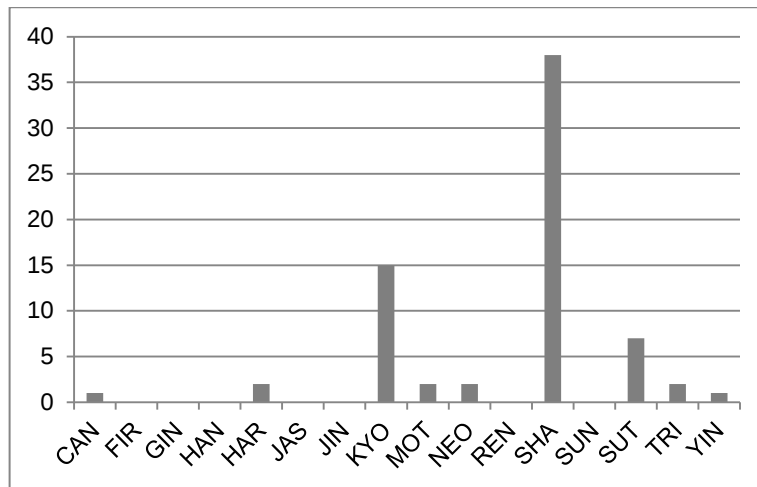
Figura 9. Número de patentes asociadas con el factor costo de las células fotovoltaicas



Fuente 17. Elaboración propia.

En la figura 9 se observa la distribución del número de patentes asociadas con el factor costo de las células fotovoltaicas, en la cual Sharp Corp. (SHA) ocupa el primer lugar con 68 patentes, seguida de Yingli Solar (YIN) con 47, Hareon Solar (HAR) con 35 y Trina Solar (TRI) con 30 patentes. Caso contrario es el de las empresas First Solar (FIR), Gintech Energy (GIN) y Suntech Power (SUT) quienes no presentan invenciones relacionadas con este factor.

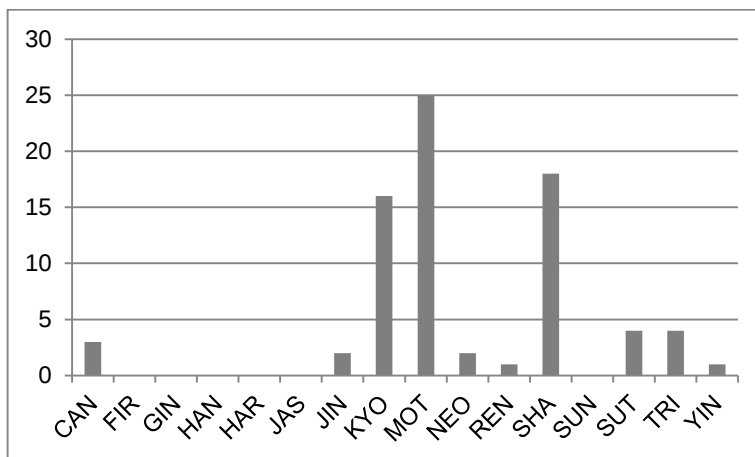
Figura 10. Número de patentes por compañía asociadas con el factor confiabilidad de las células fotovoltaicas



Fuente 18. Elaboración propia.

La figura 10 muestra el liderazgo de Sharp Corp. (SHA) en el factor confiabilidad de las células fotovoltaicas al registrar 38 patentes, seguida de Kyocera Corp. (KYO) con 15 patentes y Suntech Power (SUT) con 7 patentes. Por otro lado, las compañías restantes presentan un nivel de invención casi nulo.

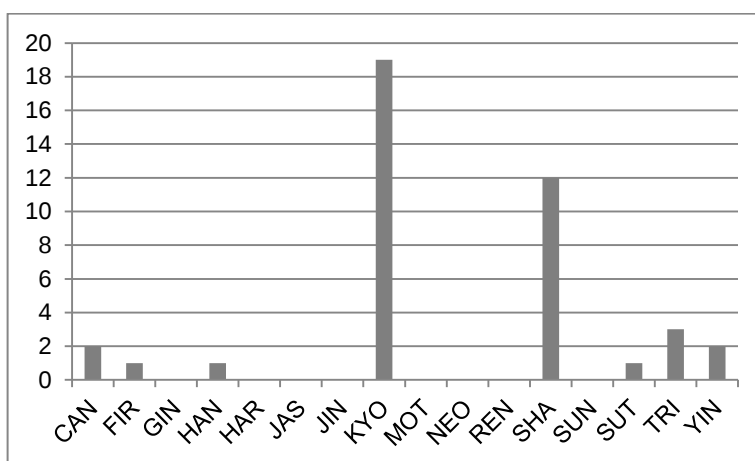
Figura 11. Número de patentes por compañía asociadas con el factor eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos



Fuente 19. Elaboración propia.

En la figura 11 se observa que la empresa Motech Industries (MOT) es líder en innovación del factor eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos con un total de 25 patentes, la siguen Sharp Corp. (SHA) con 18 patentes y Kyocera Corp. (KYO) con 16 patentes. Las empresas Suntech Power (SUT) y Trina Solar (TRI) presentan un mismo nivel de innovación, con cuatro patentes cada una. Las compañías First Solar (FIR), Gintech Energy (GIN), Hanwha Q CELLS (HAN), Hareon Solar (HAR), JA Solar (JAS) y SunPower (SUN), no tienen información en este factor.

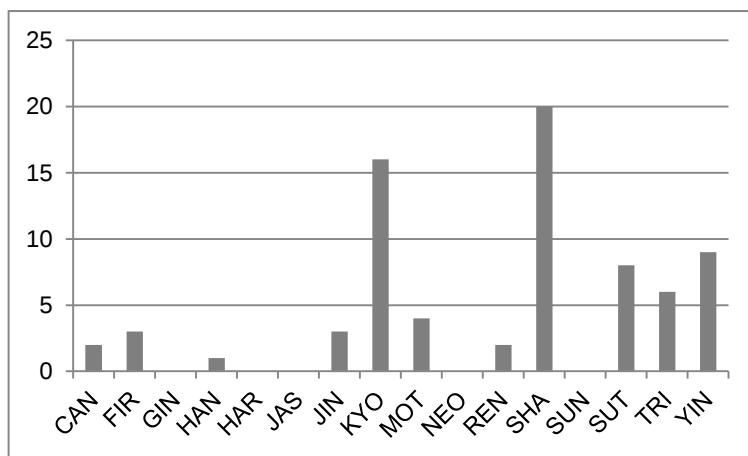
Figura 12. Número de patentes asociadas con el factor apariencia estética de los módulos fotovoltaicos



Fuente 20. Elaboración propia.

En la figura 12 se observa como la compañía Kyocera Corp. (KYO) lidera con 19 patentes en el factor apariencia estética de los módulos fotovoltaicos, seguida de Sharp Corp. (SHA) con 12 patentes. Las empresas Canadian Solar (CAN), First Solar (FIR), Hanwha Q CELLS (HAN), Suntech Power (SUT), Trina Solar (TRI) y Yingli Solar (YIN) presentan en promedio 1,6 patentes relacionadas con este factor. Las compañías restantes no presentan registros de patentes vinculados con este factor.

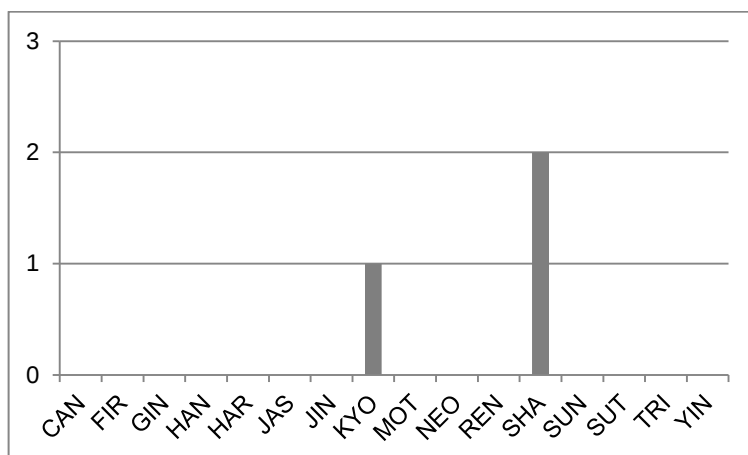
Figura 13. Número de patentes por compañía asociadas con el factor rendimiento de los módulos fotovoltaicos



Fuente 21. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar que la empresa Sharp Corp. (SHA) está en el primer lugar con 20 patentes y Kyocera Corp. (KYO) ocupa el segundo lugar con 16 patentes, le siguen Yingli Solar (YIN), Suntech Power (SUT) y Trina Solar (TRI) con 9, 8 y 6 patentes, respectivamente. Las compañías Gintech Energy (GIN), Hareon Solar (HAR), JA Solar (JAS), Neo Solar Power (NEO) y SunPower (SUN) no tienen registros de patentes relacionados con el factor rendimiento de los módulos fotovoltaicos.

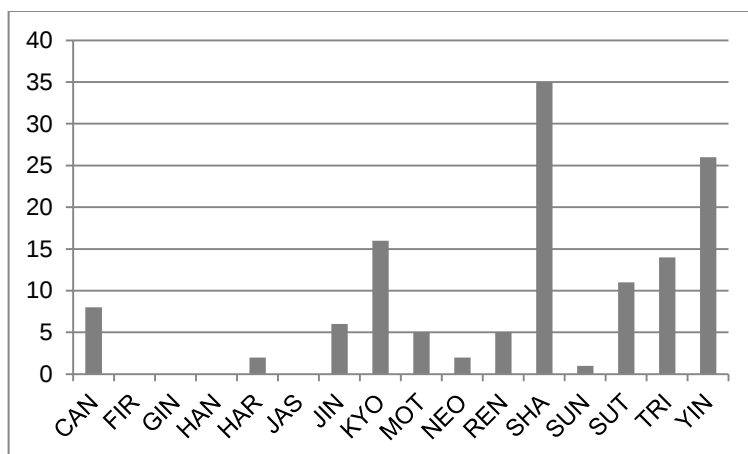
Figura 14. Número de patentes por compañía asociadas con el factor vida útil de los módulos fotovoltaicos



Fuente 22. Elaboración propia.

En la figura 14 se observa que las multinacionales Sharp Corp. (SHA) y Kyocera Corp. (KYO) son las únicas que tienen registros de patentes relacionadas con el factor vida útil de los módulos fotovoltaicos.

Figura 15. Número de patentes por compañía asociadas con el factor costo de los módulos fotovoltaicos

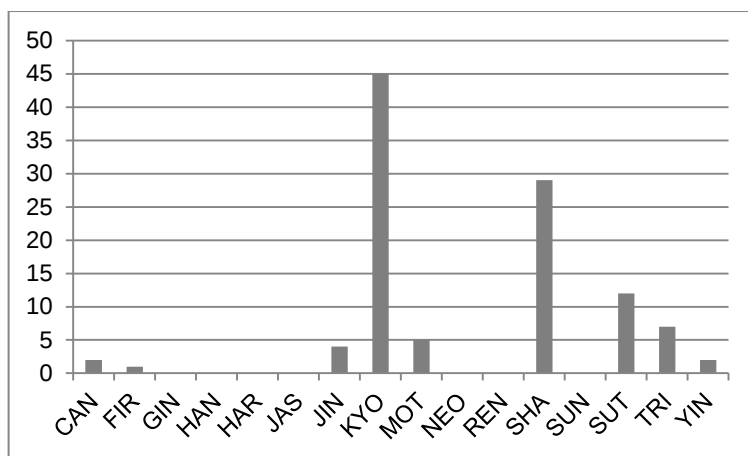


Fuente 23. Elaboración propia.

En la figura 15 se tiene la distribución de patentes para el factor costo de los módulos fotovoltaicos. Sharp Corp. (SHA) está ubicada en el primer lugar con 35 patentes, le sigue Yingli Solar (YIN) con 26, Kyocera Corp. (KYO) con 16, Trina Solar (TRI) con 14 y Suntech Power (SUT) con 11 patentes. Las compañías con menor nivel de invención son Hareon Solar (HAR) y Neo Solar Power (NEO) con 2 patentes, Suntech Power (SUN) con 1, y First Solar (FIR), Gintech Energy (GIN),

Hanwha Q CELLS (HAN) y JA Solar (JAS), las cuales no tienen registros de patentes para este factor.

Figura 16. Número de patentes por compañía asociadas con el factor confiabilidad de los módulos fotovoltaicos



Fuente 24. Elaboración propia.

En la figura 16 se observa que Kyocera Corp. (KYO) posee un gran avance en comparación con las demás compañías en el factor confiabilidad de los módulos fotovoltaicos, al tener un total de 45 patentes; le sigue Sharp Corp. (SHA) con 29 y Suntech Power (SUT) con 12. Las compañías con menos patentes son Trina Solar (TRI) con 7, Motech Industries (MOT) con 5, Canadian Solar (CAN) y Yingli Solar (YIN) con 2 cada una, First Solar (FIR) con 1 registro y las demás compañías, las cuales no poseen registros relacionados con este factor.

De las figuras 5 a la 10 se observó que existe una tendencia marcada en cuanto a las actividades de I+D+i relacionadas con los factores críticos en las **células fotovoltaicas**. En la mayoría de los casos Sharp Corp. supera ampliamente a las demás compañías, en especial para el factor eficiencia de conversión de las células, en el cual casi que triplica el número de patentes de su competidor más cercano, Kyocera Corp., con un total de 154 patentes frente a las 54 de este último. Por otro lado, las compañías Yingli Solar y Trina Solar presentan situaciones muy similares para la mayoría de los casos, y por lo general se ubican entre el segundo y tercer lugar.

De las figuras 11 a la 16, relacionadas con los **módulos fotovoltaicos**, se identificó una tendencia menos marcada, que ubica a Sharp Corp. y Kyocera Corp. en los primeros lugares con un nivel de invención similar para la mayoría de los factores estudiados. En general, la compañía Suntech Power se disputa el tercer y cuarto lugar con Trina Solar.

Para ambos casos, tanto el de las células fotovoltaicas como el de los módulos fotovoltaicos, las compañías Gintech Energy, Neo Solar Power y SunPower fueron

las que presentaron el más bajo nivel de innovación tecnológica relacionada con los factores estudiados.

7.2 TÉCNICA EXPLORATORIA DE DATOS MULTIVARIADA

En la segunda fase estadística se utilizó la herramienta exploratoria multivariada denominada Análisis de Correspondencias Simple (ACS), basada en búsqueda de asociaciones entre las modalidades de dos variables categóricas.

Para cada caso, se observó cuáles son los mercados que lideran las empresas en estudio con respecto a los factores críticos determinados.

Tanto el software de R como el de XLSTAT, permiten desarrollar ACS (ver Anexo C y Anexo D). El primero es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico, mientras que el segundo es un complemento de análisis estadístico integrado al software Microsoft Excel. Se optó trabajar con ambas herramientas ya que se complementan mutuamente facilitando la interpretación de los resultados.

Antes de hacer la presentación visual de las asociaciones entre las compañías y los factores críticos, se mostrarán algunos datos importantes del ACS planteados a continuación.

7.2.1 ACS para factores críticos en el proceso de I+D+i de células y módulos fotovoltaicos. La inercia total de una tabla de contingencia mide la variación existente en ésta, para los primeros componentes desempeña un papel importante en la interpretación del ACS, además proporciona herramientas de diagnóstico para identificar los puntos que más contribuyen a la definición de los componentes (ejes principales). Igualmente, permite valorar la calidad de representación de los puntos (Greenacre, 2008). La inercia representa una medida de la dispersión que permite identificar la correlación entre las filas (empresas) y las columnas (factores críticos) en una tabla de contingencia. Cada componente es en realidad una combinación lineal de las variables iniciales que corresponden a los factores críticos. Los componentes tienen la particularidad de que no están correlacionados entre ellos. En la siguiente tabla, los componentes y los valores propios son ordenados en orden descendente de inercia o variabilidad representada.

Tabla 9. Porcentaje de inercia capturada por los componentes del ACS para los factores críticos

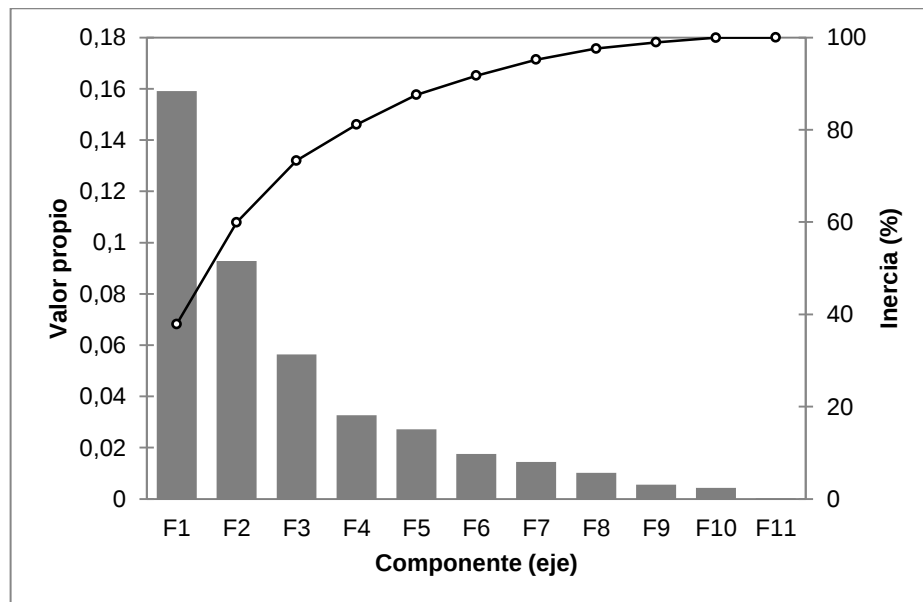
Componente	Valor propio	Inercia (%)	Inercia acumulada (%)
F1	0,1591	37,85	37,85
F2	0,0928	22,08	59,94
F3	0,0563	13,40	73,34

Componente	Valor propio	Inercia (%)	Inercia acumulada (%)
F4	0,0327	7,78	81,11
F5	0,0272	6,46	87,58
F6	0,0176	4,18	91,76
F7	0,0144	3,44	95,19
F8	0,0101	2,41	97,60
F9	0,0056	1,34	98,94
F10	0,0043	1,01	99,95
F11	0,0002	0,05	100,00

Fuente 25. Elaboración propia a través del software XLSTAT.

En la tabla 9 se observa que el porcentaje de inercia acumulada capturada en los tres primeros componentes es del 73,34%, el primer componente capturó el 37,85% de la inercia total, el segundo el 22,08% y el tercero el 13,4% de la variabilidad total de los datos.

Figura 17. Gráfico de sedimentación asociado al ACS.



Fuente 26. Elaboración propia a través del software XLSTAT.

Cuando la inercia o variabilidad de los primeros factores no es elevada, la calidad de la representación de los datos pretendida carece de valor (Álvarez, 1999). Con los resultados mostrados en la tabla 9 se espera una buena calidad de los gráficos a construir.

Tabla 10. Calidad de representación de los factores críticos en los tres primeros componentes del ACS

Factor crítico	F1	F2	F3
Cel_efic	0,06	3,88	59,25
Cel_apar	8,39	0,07	22,49
Cel_rend	40,51	3,24	0,81
Cel_vida	4,83	2,74	48,27
Cel_cost	69,22	11,80	11,02
Cel_conf	15,56	12,34	4,50
Mod_efic	49,34	49,52	0,19
Mod_apar	29,90	45,56	3,97
Mod_rend	13,53	6,83	21,68
Mod_vida	18,80	32,33	12,43
Mod_cost	7,98	2,64	4,50
Mod_conf	57,34	21,95	11,38

Fuente 27. Elaboración propia a través del software R.

Como se mencionó previamente, la utilización de los tres primeros componentes como posibles ejes de los mapas tecnológicos permitió capturar el 73,34% de la variabilidad total de los datos, en la tabla 10 se observa la calidad de representación de los factores críticos en estos tres planos factoriales (un plano por cada combinación de dos de los tres componentes), cuatro factores no tienen una buena proyección para alguno de los componentes, estos son la eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas, apariencia estética de las células fotovoltaicas, rendimiento de las células fotovoltaicas y eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos. Por el contrario, los demás factores se encuentran bien reflejados en los planos.

En la tabla 11 se observa la calidad de representación de las compañías en los planos factoriales, en general la mayoría están bien proyectadas, indicando que los planos formados por los componentes F1, F2 y F3, son una buena herramienta para proponer como mapas tecnológicos y así visualizar las fortalezas de cada organización de acuerdo a los factores críticos.

Tabla 11. Calidad de representación de las compañías en los componentes de los planos factoriales para los factores críticos

Compañía	F1	F2	F3
CAN	2,11	0,18	15,99
FIR	8,7	15,62	19,99
GIN	0,01	1,41	35,55

Compañía	F1	F2	F3
HAN	12,01	1,77	20,57
HAR	63,45	7,4	6,54
JAS	23,06	0	0,14
JIN	30,42	2,05	9,5
KYO	64,98	23,46	6,53
MOT	39,33	59,75	0,11
NEO	0,11	36,62	0,88
REN	9,5	8,61	0
SHA	0,04	14,44	62,19
SUN	1,55	1,16	44,05
SUT	2	0,7	48,21
TRI	43,51	0,84	11,65
YIN	63,21	4,73	12,75

Fuente 28. Elaboración propia a través del software R.

En la siguiente tabla se observa la contribución de los factores críticos para cada uno de los componentes de los planos factoriales.

Tabla 12. Contribuciones de los factores críticos para cada uno de los componentes

Factor crítico	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Cel_efic	0,01	1,03	25,87
Cel_apar	0,91	0,01	6,85
Cel_rend	5,39	0,74	0,31
Cel_vida	0,96	0,93	27,15
Cel_cost	30,34	8,87	13,64
Cel_conf	2,28	3,10	1,86
Mod_efic	32,71	56,27	0,35
Mod_apar	5,18	13,52	1,94
Mod_rend	2,05	1,77	9,29
Mod_vida	0,27	0,78	0,50
Mod_cost	1,05	0,59	1,67
Mod_conf	18,85	12,37	10,57

Fuente 29. Elaboración propia a través del software R.

En la tabla anterior se puede observar que para el componente F1, los factores críticos que más contribuyen son la eficiencia de conversión de los módulos

fotovoltaicos con el 32,71% y el costo de las células fotovoltaicas con el 30,34%. Para el componente F2, nuevamente el factor que más aporta es eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos con una contribución del 56,27%. En el caso del componente F3, se tiene una mayor distribución de las contribuciones, siendo la vida útil de las células fotovoltaicas el factor que más aporta con 27,15%, seguido de la eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas con el 25,87%.

7.2.1.1 Obtención de los mapas tecnológicos. A continuación se ilustran los gráficos de los factores críticos obtenidos mediante XLSTAT (ver Anexo D) y de esta manera poder identificar las áreas que caracterizan el número de patentes por cada variable categórica, en el anexo E se muestran las coordenadas de ubicación de los factores críticos en los mapas elaborados como un indicador adicional para una mejor interpretación.

A continuación se presentan los planos factoriales obtenidos con los componentes que mejor representan la variabilidad de la tabla de contingencia, es decir, como ya se identificó previamente, los componentes F1, F2 y F3.

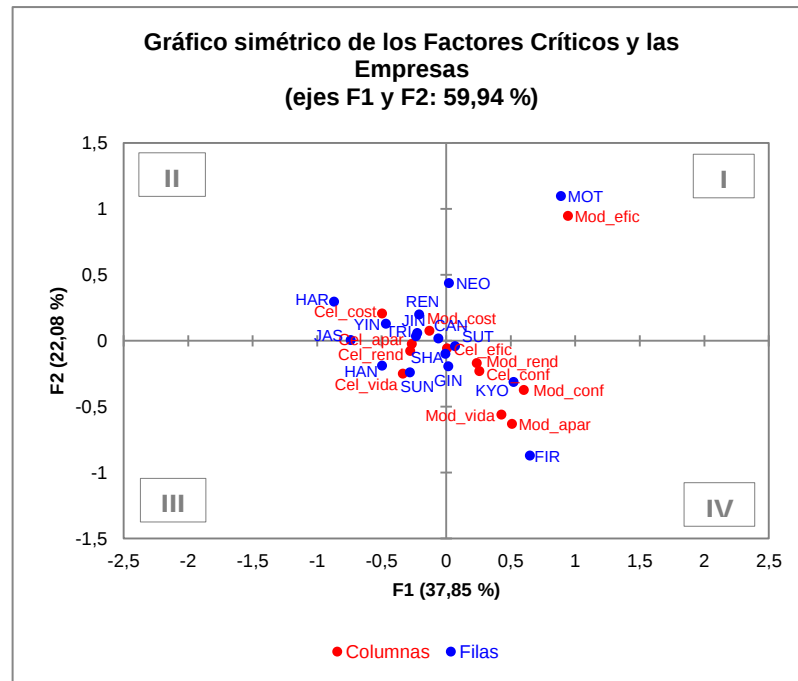
Para lograr una mejor interpretación de los resultados del ACS **se realizaron planos bidimensionales en lugar de un solo plano tridimensional**, por lo tanto se obtuvieron tres planos diferentes, los cuales están conformados cada uno por dos ejes, en donde cada eje representa a uno de los componentes.

Las leyendas de los gráficos corresponden a las variables categóricas del ACS, donde los puntos rojos (columnas) corresponden a los Factores Críticos y los puntos azules (filas) corresponden a las Empresas.

Cuando dos puntos están lejos del centro del gráfico, y:

- cerca el uno del otro, entonces las variables categóricas que representan están significativa y positivamente correlacionadas,
- ortogonales el uno del otro, entonces las variables categóricas que representan están significativamente no-correlacionadas,
- simétricamente opuestos con respecto al centro, entonces las variables categóricas que representan están significativa y negativamente correlacionadas.

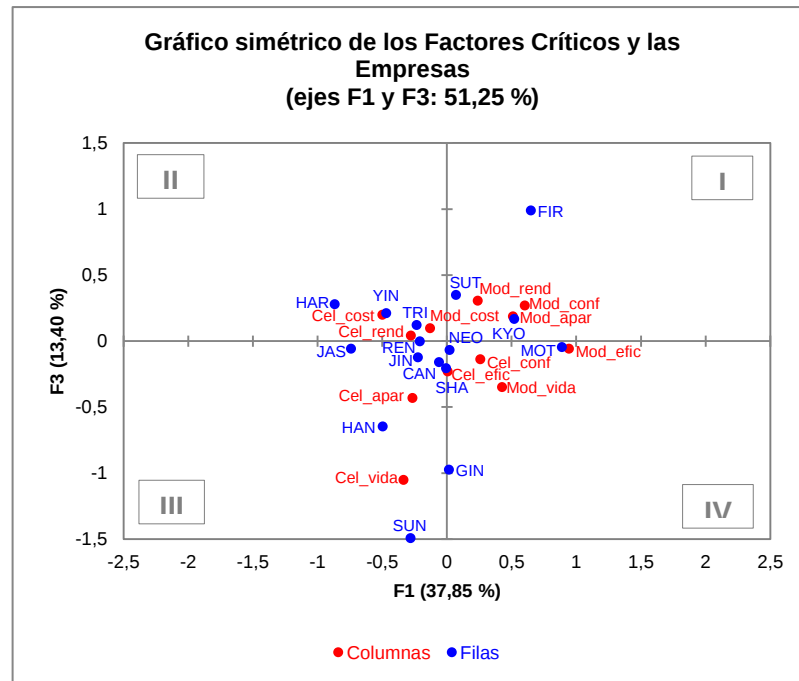
Figura 18. Mapa tecnológico con ejes F1 y F2, Factores críticos y empresas



Fuente 30. Elaboración propia a través del software XLSTAT.

En la figura 18 se observa que las compañías Motech Industries y Neo Solar Power se ubican en el **cuadrante I** donde se encuentran patentes enfocadas a la eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos. En el **cuadrante II** se encuentran las compañías Canadian Solar, Hareon Solar, JA Solar, JinkoSolar, ReneSola, Trina Solar y Yingli Solar, al igual que las investigaciones relacionadas con el costo tanto de las células como de los módulos fotovoltaicos. En el **cuadrante III** se ubican las empresas Hanwha Q CELLS, Sharp Corp. y SunPower, donde también se encuentran las patentes relacionadas con los factores apariencia estética, rendimiento y vida útil de las células fotovoltaicas. Finalmente, las compañías First Solar, Gintech Energy, Kyocera Corp. y Suntech Power se encuentran en el **cuadrante IV**, donde se ubican las innovaciones orientadas a la eficiencia de conversión y confiabilidad de las células fotovoltaicas; y apariencia estética, confiabilidad, rendimiento y vida útil de los módulos fotovoltaicos.

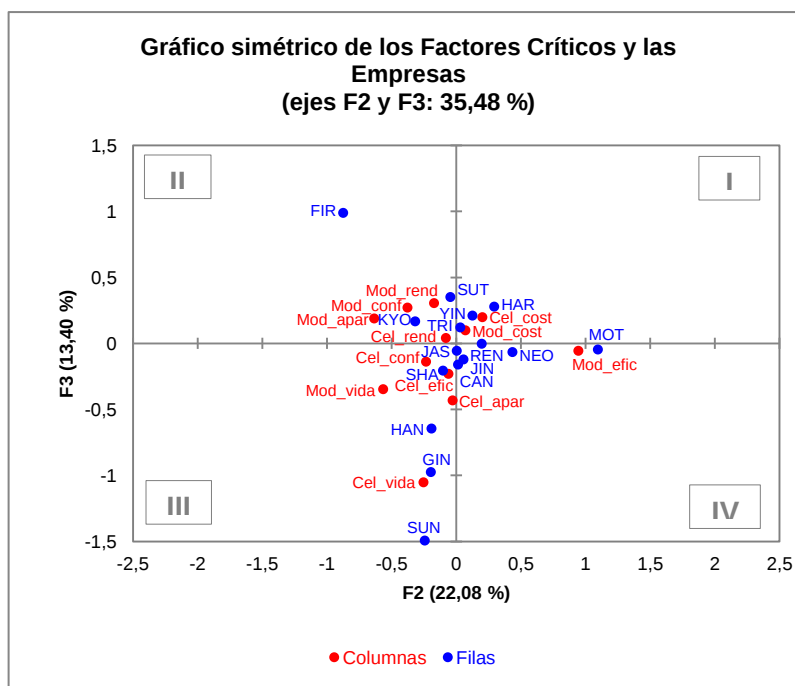
Figura 19. Mapa tecnológico con ejes F1 y F3, Factores críticos y empresas



Fuente 31. Elaboración propia a través del software XLSTAT.

En la figura 19 se observa que en el **cuadrante I** se ubican las multinacionales First Solar, Kyocera Corp. y Suntech Power, donde también se encuentran las patentes asociadas con los factores apariencia estética, rendimiento y confiabilidad de los módulos fotovoltaicos. El **cuadrante II** está representado por las empresas Hareon Solar, Trina Solar y Yingli Solar; al igual que las patentes asociadas con el costo y rendimiento de las células fotovoltaicas, y costo de los módulos fotovoltaicos. Las compañías Canadian Solar, Hanwha Q CELLS, JA Solar, JinkoSolar, ReneSola, Sharp Corp. y SunPower se ubican en el **cuadrante III**, donde también se encuentran los factores apariencia estética y vida útil de las células fotovoltaicas. Por otro lado, en el **cuadrante IV** están ubicadas las empresas Gintech Energy, Motech Industries y Neo Solar Power; donde también están los factores eficiencia de conversión tanto de las células como de los módulos, confiabilidad de las células y vida útil de los módulos fotovoltaicos.

Figura 20. Mapa tecnológico con ejes F2 y F3, Factores críticos y empresas



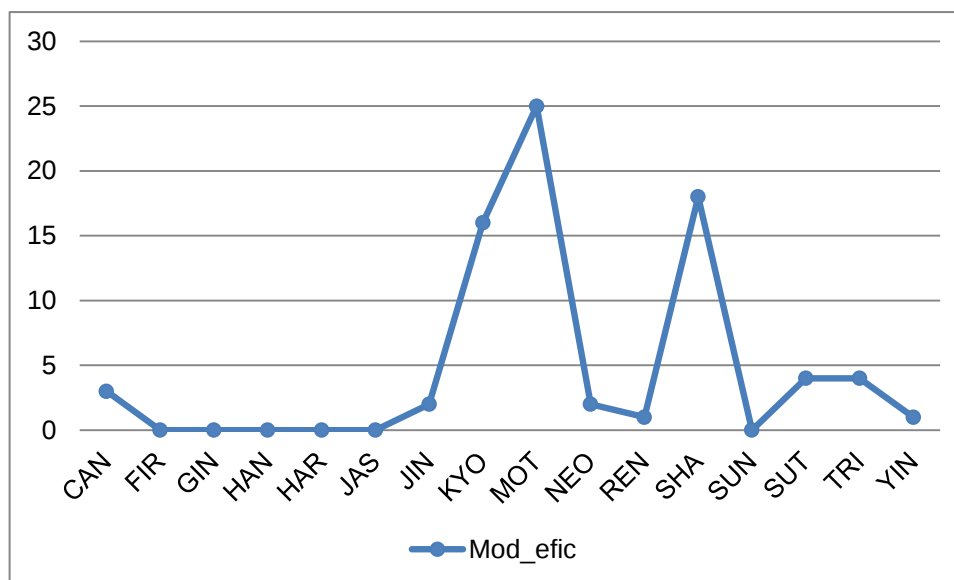
Fuente 32. Elaboración propia a través del software XLSTAT.

En la figura 20 se observa que las empresas Hareon Solar, Trina Solar y Yingli Solar se encuentran en el **cuadrante I** del mapa, al igual que las patentes enfocadas en el factor costo de las células y de los módulos fotovoltaicos. En el **cuadrante II** se ubican las compañías First Solar, Kyocera Corp. y Suntech Power, donde también se encuentran las investigaciones asociadas con el rendimiento de las células fotovoltaicas, y aquellas relacionadas con la apariencia estética, la confiabilidad y el rendimiento de los módulos fotovoltaicos. Por otra parte, las multinacionales Gintech Energy, Hanwha Q CELLS, Sharp Corp. y SunPower se encuentran en el **cuadrante III**, donde igualmente se ubican las innovaciones vinculadas con la apariencia estética, confiabilidad, eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas, y vida útil tanto de las células como de los módulos fotovoltaicos. En el **cuadrante IV** se encuentran las empresas Canadian Solar, JA Solar, JinkoSolar, Motech Industries, Neo Solar Power y ReneSola, donde también se encuentran las patentes relacionadas con la eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos.

7.2.1.2 Análisis por cuadrantes del mapa tecnológico con ejes F1 y F2

Para poder visualizar de manera detallada el comportamiento de los factores críticos y las compañías representadas en la figura 18, se realizaron las siguientes gráficas:

Figura 21. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F2

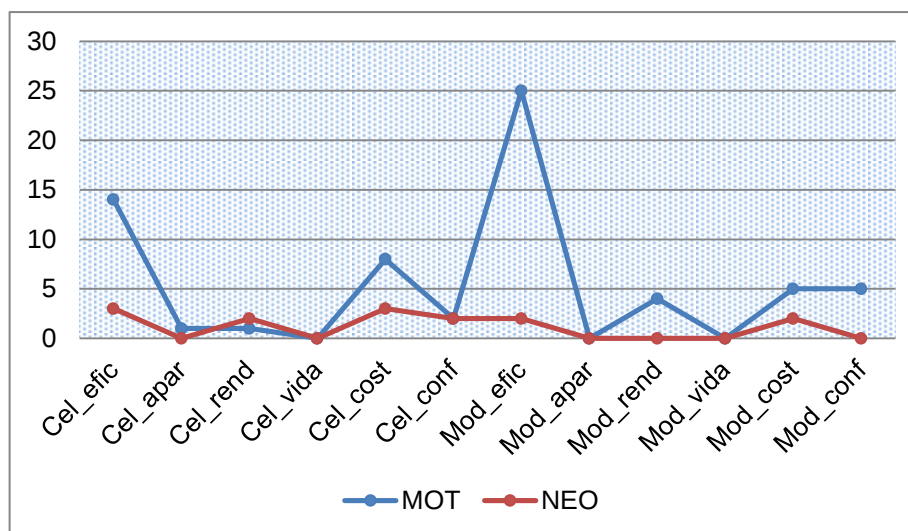


Fuente 33. Elaboración propia.

De la figura 21 se puede concluir que la tendencia en investigación en eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos está liderada por Kyocera Corp., Motech Industries y Sharp Corp.*.

* Se aclara que para estas empresas (las representadas en el eje horizontal de la figura 21) el factor predominante no necesariamente es prioritario y pueden no ubicarse en este sector del mapa. Esta aclaración aplica a todas las figuras que representen el comportamiento de los factores críticos en cada cuadrante de los diferentes mapas de aquí en adelante.

Figura 22. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F2

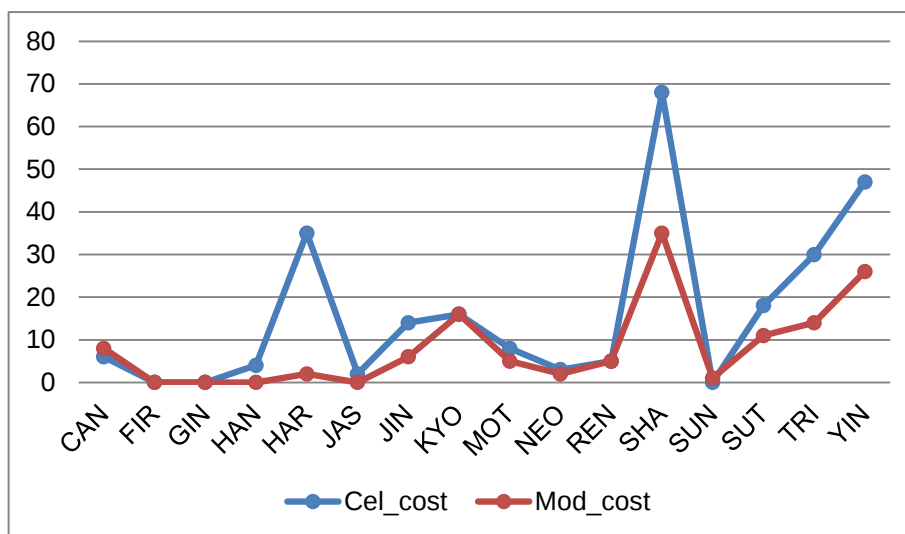


Fuente 34. Elaboración propia.

En la figura anterior se puede observar que Motech Industries tiende a enfocar sus investigaciones en mejorar la eficiencia de conversión tanto de sus células como de los módulos fotovoltaicos. Por otra parte, Neo Solar Power se enfoca, en menor proporción, en los factores eficiencia de conversión y costo de las células fotovoltaicas*.

* Se aclara que para estos factores (los representados en el eje horizontal de la figura 22) la empresa que presenta la mayor tendencia hacia ellos no necesariamente es la que más investiga en esos factores, y pueden no ubicarse en este sector del mapa. Esta aclaración aplica a todas las figuras que representen las tendencias de las empresas en cada cuadrante de los diferentes mapas de aquí en adelante.

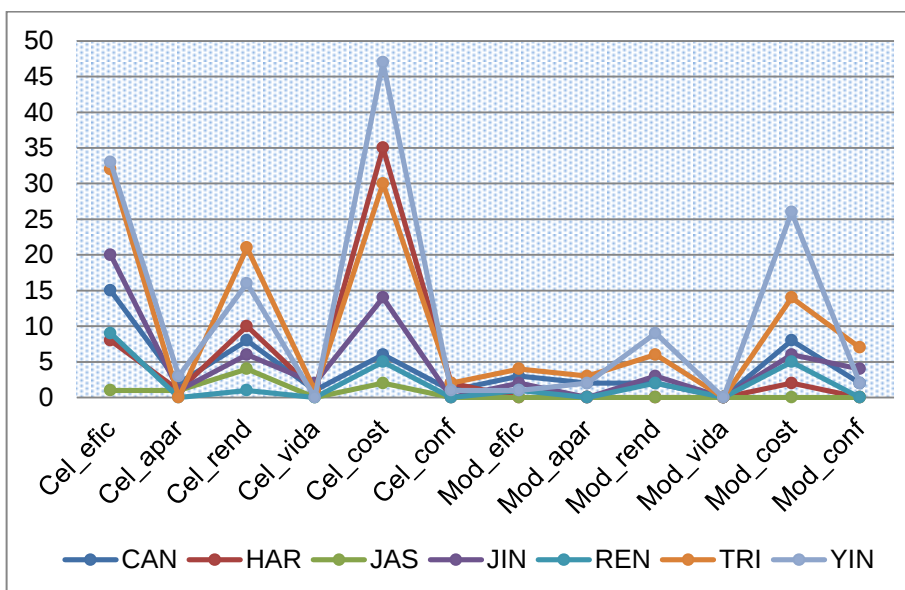
Figura 23. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F2



Fuente 35. Elaboración propia.

En la figura 23 se muestra el comportamiento del factor costo para ambos elementos, las células y los módulos fotovoltaicos. Se puede concluir que existe una mayor tendencia en investigaciones orientadas a disminuir el costo de las células que el de los módulos en sí.

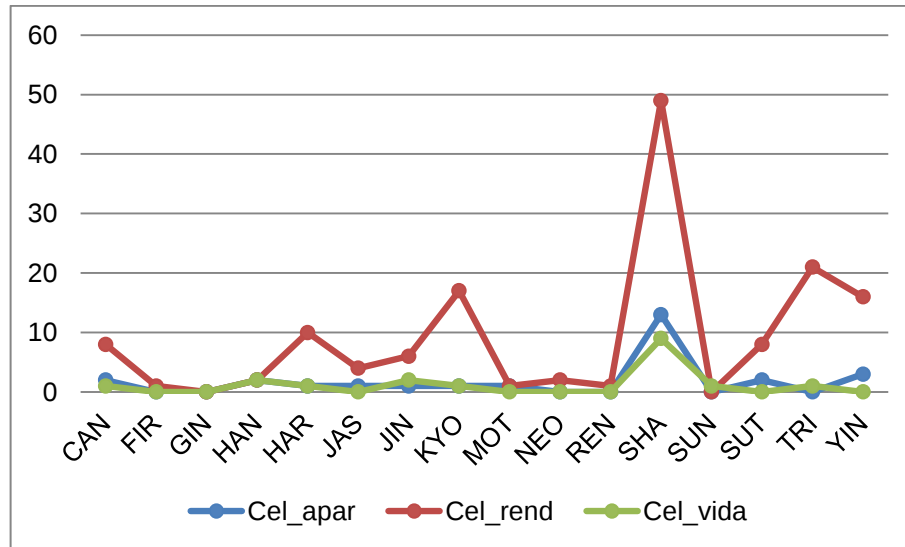
Figura 24. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F2



Fuente 36. Elaboración propia.

En la figura 24 se observa que el factor costo de las células fotovoltaicas es el de mayor interés para las empresas graficadas, seguido por eficiencia de conversión y rendimiento para células, y costo para módulos, los cuales presentan tendencias similares. Por otro lado el factor vida útil de los módulos fotovoltaicos muestra que no es relevante en las investigaciones de estas empresas.

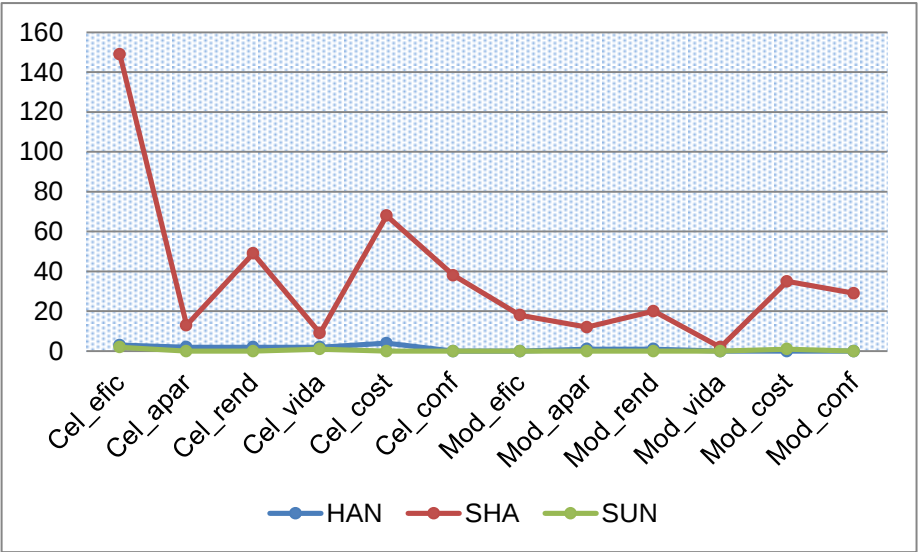
Figura 25. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F2



Fuente 37. Elaboración propia.

La figura 25 muestra que el comportamiento de los factores apariencia estética y vida útil de las células fotovoltaicas es muy similar, mientras que el factor de rendimiento de las células domina las tendencias en este cuadrante, que en el caso de Sharp Corp. presenta 49 patentes.

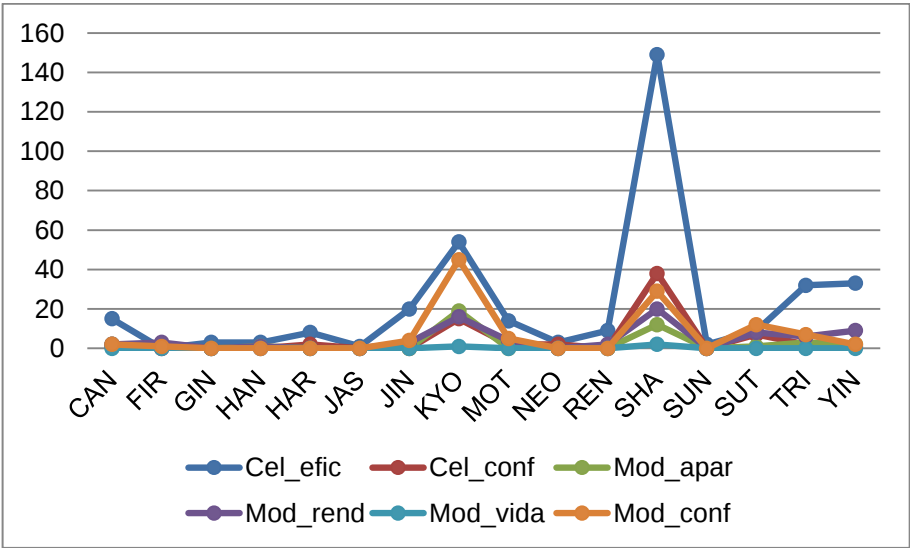
Figura 26. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F2



Fuente 38. Elaboración propia.

De la figura anterior se logra identificar que Sharp Corp. es el líder absoluto en este cuadrante, y que sus tendencias están orientadas a mejorar la eficiencia de conversión, reducir los costos y mejorar el rendimiento de las células fotovoltaicas.

Figura 27. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F2

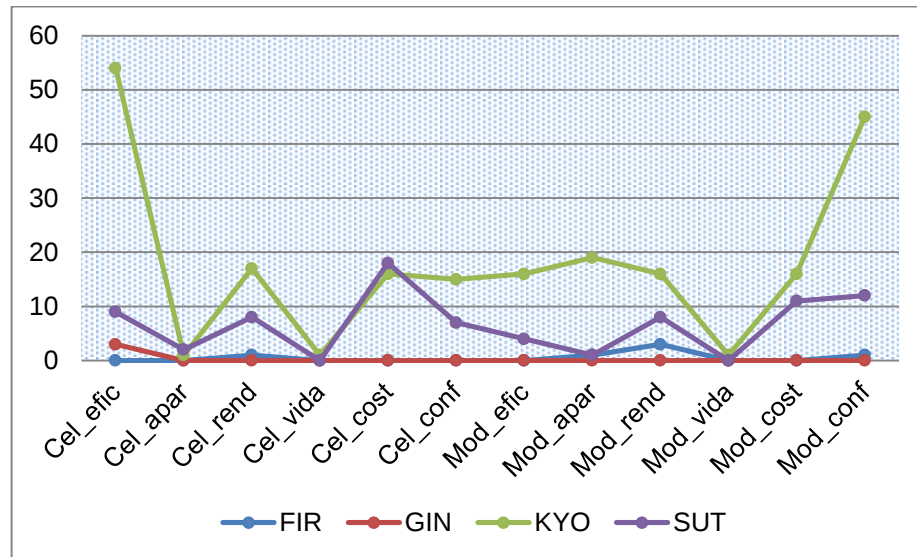


Fuente 39. Elaboración propia.

En la figura 27 se puede observar que Kyocera Corp. y Sharp Corp. lideran las tendencias en investigación en eficiencia de conversión y confiabilidad de células

fotovoltaicas, y apariencia estética, rendimiento, vida útil y confiabilidad para los módulos fotovoltaicos.

Figura 28. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F2



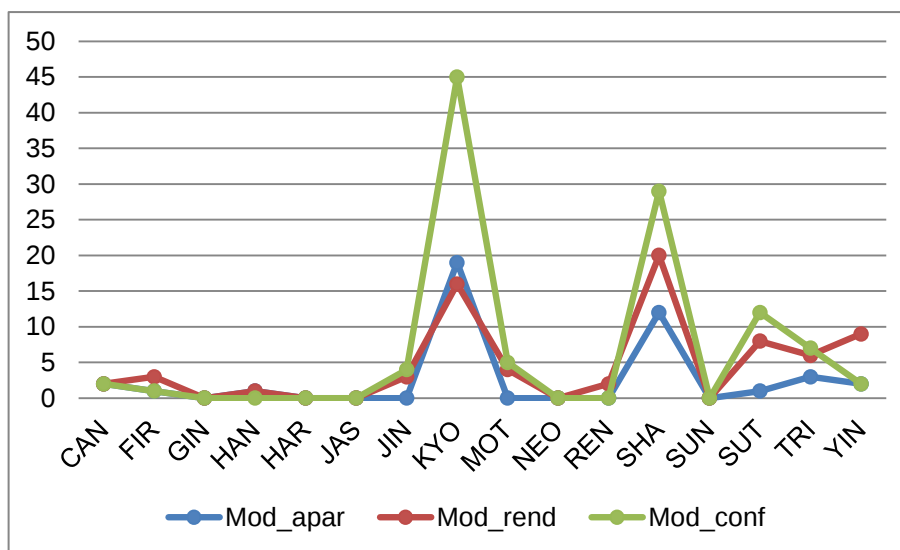
Fuente 40. Elaboración propia.

En la figura 28 se puede identificar que para las empresas First Solar, Gintech Energy, Kyocera Corp. y Suntech Power, la apariencia estética de las células fotovoltaicas, y la vida útil tanto de las células como de los módulos fotovoltaicos, son los factores estudiados a los que menos le apuestan.

7.2.1.3 Análisis por cuadrantes del mapa tecnológico con ejes F1 y F3

Para poder visualizar de manera detallada el comportamiento de los factores críticos y las empresas representados en la figura 19, se realizaron las siguientes gráficas:

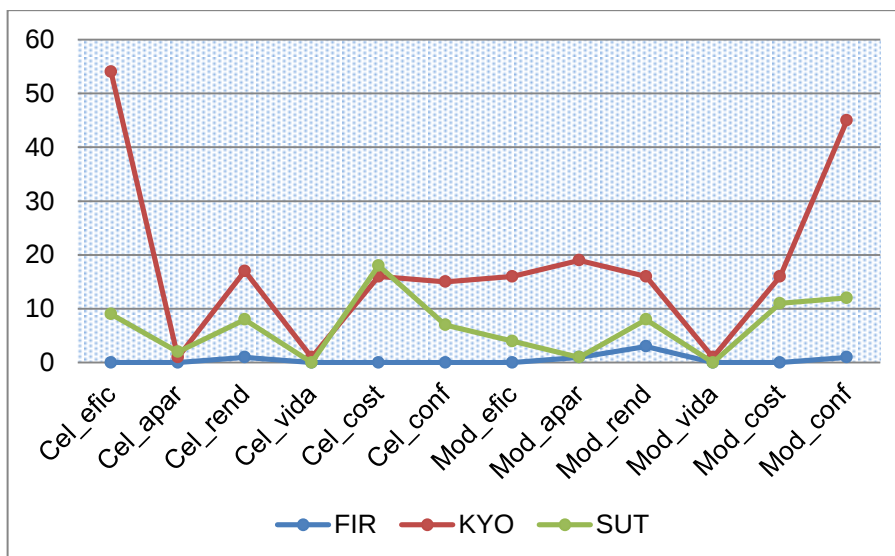
Figura 29. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 41. Elaboración propia.

La figura anterior muestra que el comportamiento de las investigaciones en los factores de apariencia estética, rendimiento y confiabilidad de los módulos fotovoltaicos es similar; el caso que más varía respecto a los otros corresponde a la confiabilidad de los módulos, dado que una de las compañías supera a las demás al tener aproximadamente el doble de patentes relacionadas con dicho factor.

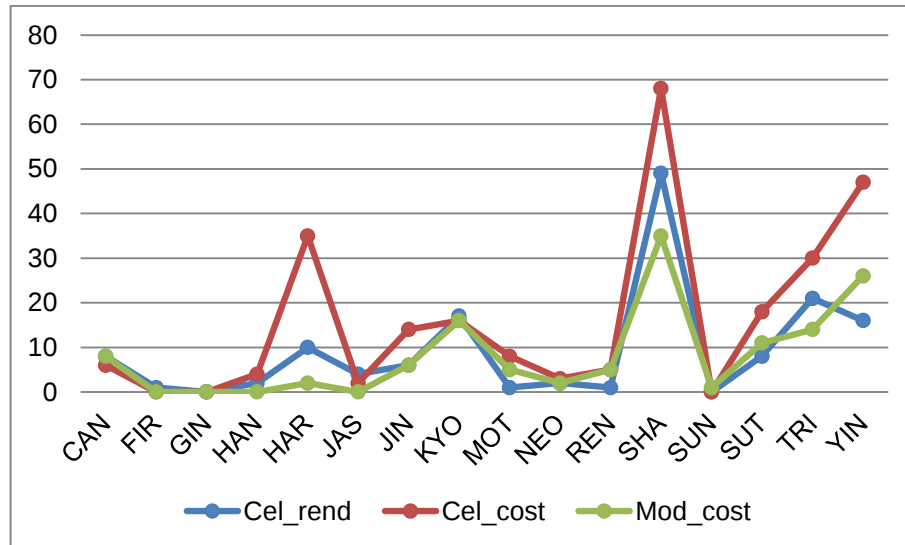
Figura 30. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante I del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 42. Elaboración propia.

En la figura 30 se identifica una tendencia similar a la de la figura 28 en cuanto a los factores de apariencia estética de las células fotovoltaicas y vida útil tanto de las células como de los módulos fotovoltaicos, confirmando el poco interés que tienen las empresas en orientar sus investigaciones al mejoramiento de estos factores.

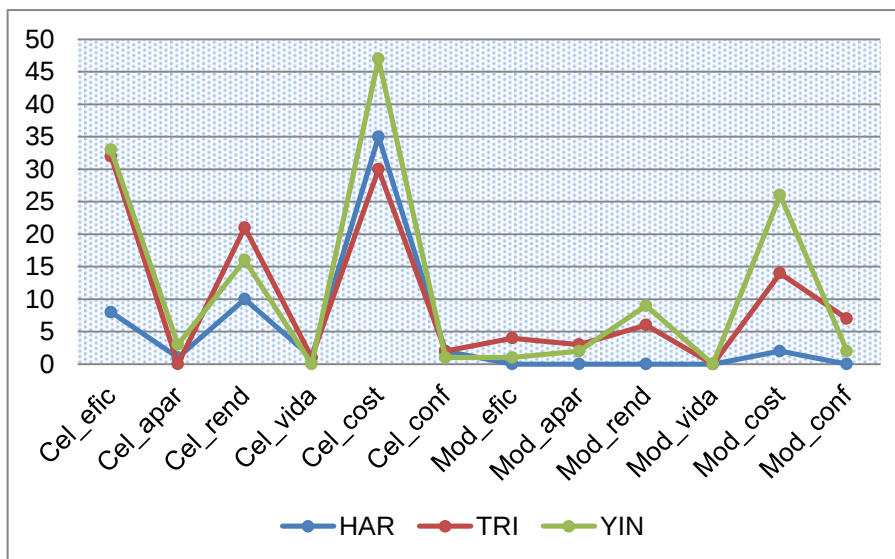
Figura 31. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 43. Elaboración propia.

En la figura 31, se puede observar un comportamiento similar para los tres factores representados, siendo las innovaciones relacionadas con el costo de las células fotovoltaicas las de mayor tendencia para las empresas estudiadas en comparación con los factores rendimiento y costo de los módulos fotovoltaicos.

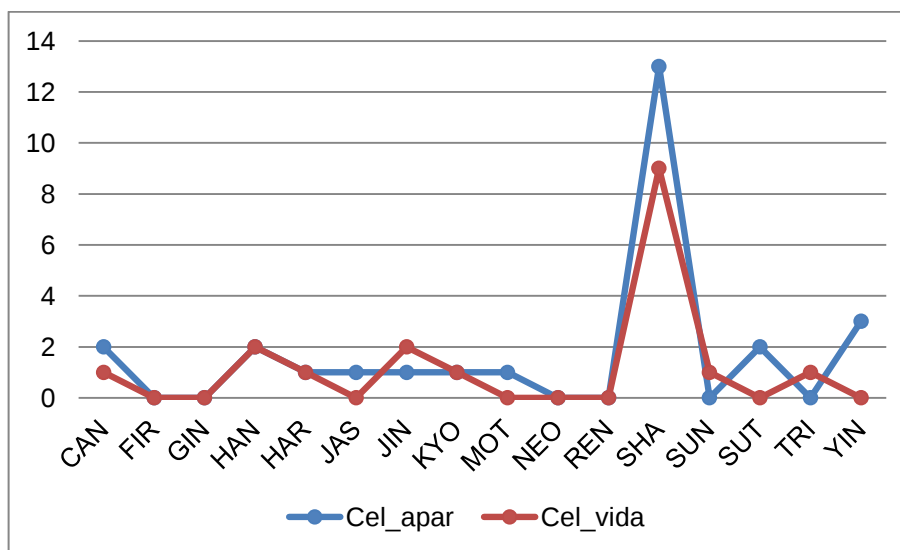
Figura 32. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante II del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 44. Elaboración propia.

En la figura 32 se logra identificar que la empresa Yingli Solar es líder en la mayoría de los factores estudiados en comparación con las compañías Hareon Solar y Trina Solar.

Figura 33. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F3

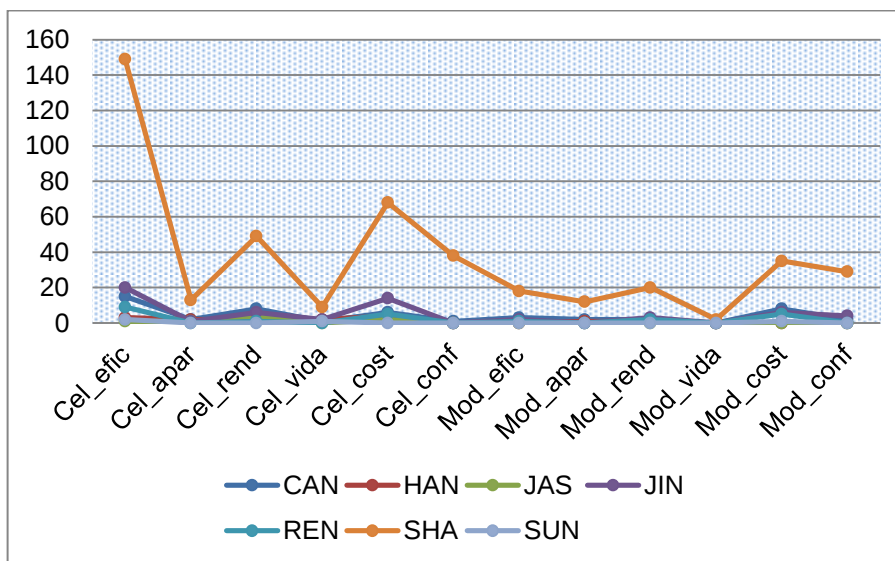


Fuente 45. Elaboración propia.

En la figura anterior se observa que los factores apariencia estética y vida útil de las células fotovoltaicas tienen igual comportamiento para siete de las compañías

estudiadas y un comportamiento muy similar para las demás compañías. Sharp Corp. lidera por amplia diferencia en ambos factores.

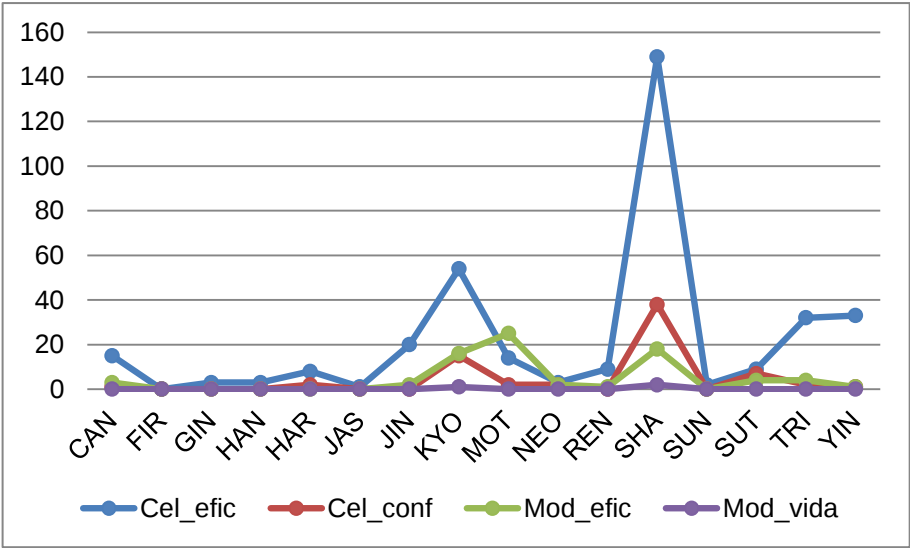
Figura 34. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante III del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 46. Elaboración propia.

En la figura 34 se observa el liderazgo de Sharp Corp. en este cuadrante del mapa, superando ampliamente a las demás compañías graficadas. La mayor brecha corresponde al factor eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas, donde Sharp Corp. lidera con 149 patentes, mientras que el segundo lugar es para JinkoSolar con 20 patentes.

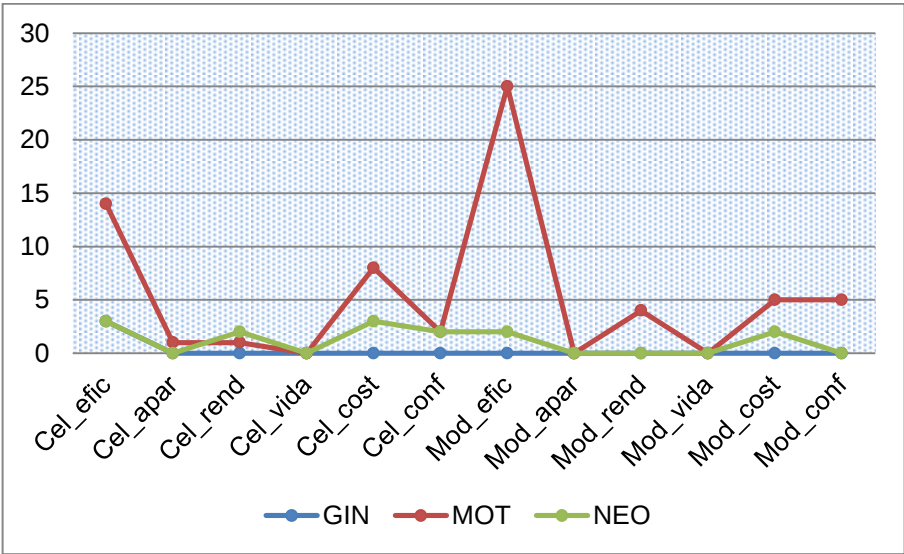
Figura 35. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 47. Elaboración propia.

De acuerdo a la figura 35 se puede identificar que las empresas presentan una mayor actividad de investigación enfocada en mejorar la eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas en relación con los demás factores graficados.

Figura 36. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante IV del mapa con ejes F1 y F3



Fuente 48. Elaboración propia.

En la figura 36 se puede observar que Motech Industries es líder en este cuadrante del mapa, superando en la mayoría de los factores a Gintech Energy y Neo Solar Power. Al igual que en la figura 24, se observa nuevamente que Motech

Industries enfoca sus esfuerzos de investigación en mejorar la eficiencia de conversión de sus células y módulos fotovoltaicos.

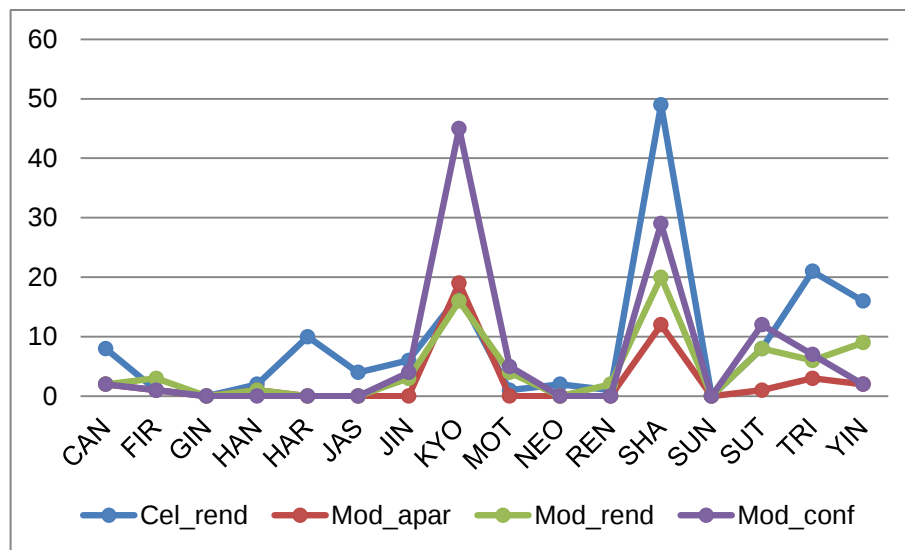
7.2.1.4 Análisis por cuadrantes del mapa tecnológico con ejes F2 y F3

Para poder visualizar de manera detallada el comportamiento de los factores críticos y las compañías representadas en la figura 20, se realizaron las siguientes gráficas:

La figura que describe el comportamiento de los factores localizados en el **cuadrante I del mapa con ejes F2 y F3** es exactamente igual a la figura 23 (ver pág. 73), donde los factores representados, el costo de las células y de los módulos fotovoltaicos, presentan comportamientos muy similares para la mayoría de las empresas y que en cuatro de ellas ambos factores presentan la misma cantidad de patentes, estas son First Solar (0), Gintech Energy (0), Kyocera Corp. (16) y ReneSola (5).

La figura que representa las tendencias de las empresas ubicadas en el **cuadrante I del mapa con ejes F2 y F3** es exactamente igual a la figura 32 (ver pág. 80), en la cual se observa que los factores apariencia estética, vida y confiabilidad de las células, y vida útil de los módulos fotovoltaicos, son los de menor importancia para las tres empresas graficadas.

Figura 37. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante II del mapa con ejes F2 y F3



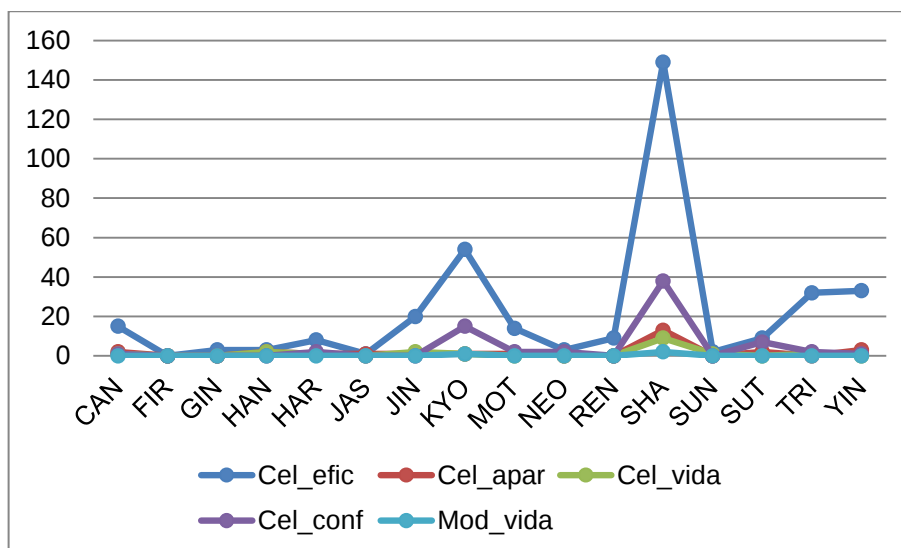
Fuente 49. Elaboración propia.

En la figura 37 se observa que las investigaciones relacionadas con el rendimiento de las células fotovoltaicas, y la confiabilidad de los módulos fotovoltaicos, son en

general las de mayor importancia para las compañías estudiadas con respecto a los otros factores graficados.

La figura que representa las tendencias de las empresas ubicadas en el **cuadrante II del mapa con ejes F2 y F3** es exactamente igual a la figura 30 (ver pág. 77), de la que se puede resaltar que la compañía Kyocera Corp. es líder en innovación frente a First Solar y Suntech Power en la gran mayoría de los factores críticos estudiados, marcando una gran diferencia especialmente en los temas de eficiencia de conversión de las células y confiabilidad de los módulos fotovoltaicos.

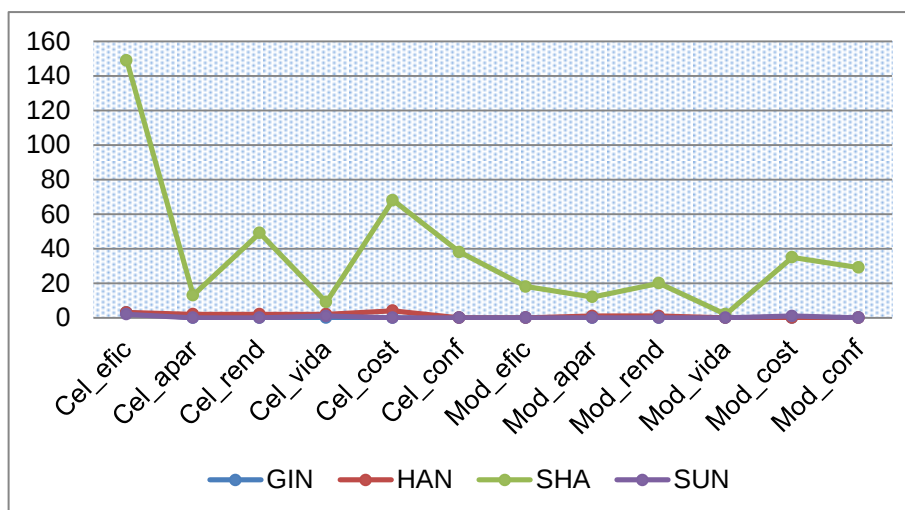
Figura 38. Comportamiento de los factores localizados en el cuadrante III del mapa con ejes F2 y F3



Fuente 50. Elaboración propia.

En la figura 38 se ratifica el liderazgo que poseen las investigaciones en eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas en todas las empresas en estudio. De igual manera se observa que las multinacionales Sharp Corp. y Kyocera Corp. presentan el más alto nivel de investigación en este tema, con 149 y 59 patentes, respectivamente.

Figura 39. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante III del mapa con ejes F2 y F3

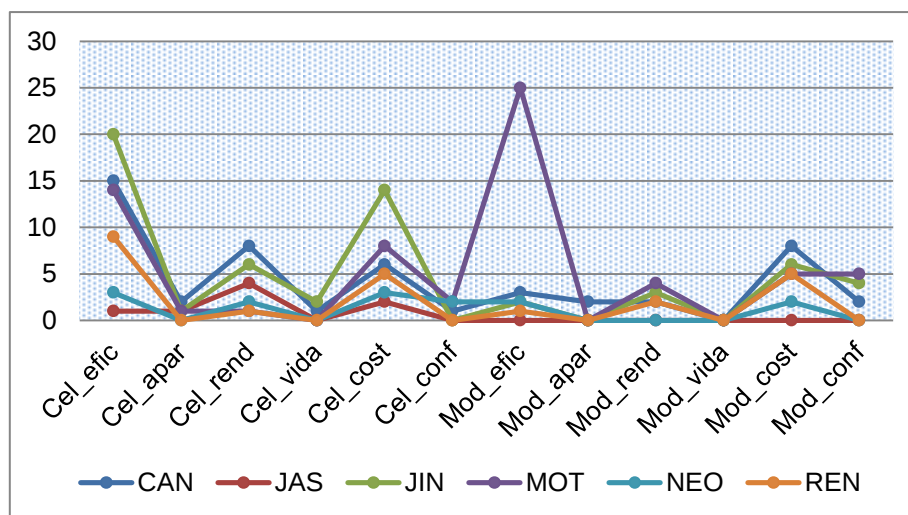


Fuente 51. Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra una vez más como Sharp Corp. lidera en la gran mayoría de los factores estudiados, presentando un solo caso donde su nivel de invención es nulo, el de las patentes relacionadas con la vida útil de los módulos fotovoltaicos. En contraste, Gintech Energy presenta este nivel de invención en todos los factores, a excepción del relacionado con la eficiencia de conversión de las células fotovoltaicas, en el cual registra 3 patentes.

La figura que describe el comportamiento de los factores localizados en el **cuadrante IV del mapa con ejes F2 y F3** es exactamente igual a la figura 21 (ver pág. 71), en la que se observa únicamente el comportamiento del factor eficiencia de conversión de los módulos fotovoltaicos.

Figura 40. Tendencias de las empresas ubicadas en el cuadrante IV del mapa con ejes F2 y F3



Fuente 52. Elaboración propia.

En la figura 40 se evidencia que existe una notoria agrupación de empresas en el cuadrante IV de este mapa. En general, las compañías JinkoSolar y Motech Industries presentan las mayores tendencias de investigación frente a las demás empresas graficadas. Cabe destacar que JinkoSolar es líder para el factor eficiencia de conversión de células fotovoltaicas, con 20 patentes, y Motech Industries lo es en cuanto a la eficiencia de conversión para los módulos fotovoltaicos, con 25 patentes, siendo éstos dos, los casos donde mayor cantidad de patentes se registran por una misma compañía en el cuadrante.

CONCLUSIONES

El mercado de la energía solar fotovoltaica (ESF) a nivel mundial presenta una tendencia creciente, vinculada en gran parte a la necesidad que existe de tomar medidas que ayuden a mitigar el impacto que producen los mecanismos tradicionales de generación de energía sobre el medio ambiente. La adopción de la ESF está transformando mercados y modelos de negocio en todo el mundo, mientras genera oportunidades y desafíos en la cadena de valor de la energía. Diversas fuentes de información como los portales *Bloomberg* y *Renewable Energy World*; las asociaciones REN21, *SolarPower Europe* (anterior *European Photovoltaic Industry Association*, EPIA) y *Solar Energy Industries Association* (SEIA); la firma *GTM Research*, entre otras entidades referentes, confirman esta situación.

Las diferentes clasificaciones de compañías líderes en el mercado fotovoltaico muestran a Canadian Solar, First Solar, Gintech Energy, Hanwha Q CELLS, Hareon Solar, JA Solar, JinkoSolar, Kyocera Corp., Motech Industries, Neo Solar Power, ReneSola, Sharp Corp., SunPower, Suntech Power, Trina Solar y Yingli Solar como los líderes en el mercado de las células y módulos fotovoltaicos. Se evidencia el dominio que poseen las compañías orientales, tales como Trina Solar y Yingli Solar (ambas con oficinas principales en China), que tienen en conjunto una participación del 14,9% en el mercado global.

En búsqueda de lograr un mayor control sobre los procesos y brindar la mejor calidad posible, la mayoría de estas compañías están integradas verticalmente. Algunas de ellas no se dedican exclusivamente a la ESF, como el caso de Sharp Corp. y Kyocera Corp., por lo que se percibe que dentro de las estrategias de diversificación de sus unidades de negocio existe un alto interés por las energías renovables, en respuesta al promisorio futuro que éstas tienen.

A través de la consulta de reportes anuales de las empresas, en sitios web de análisis de mercado y con la asesoría de un experto, se determinó que las empresas estudiadas realizan grandes esfuerzos de investigación, desarrollo e innovación para el caso de las células fotovoltaicas, en incrementar la eficiencia de conversión, disminuir sus costos y mejorar su rendimiento; y para el caso de los módulos fotovoltaicos, en disminuir sus costos, mejorar su confiabilidad e incrementar su eficiencia de conversión. Esta situación está vinculada a la tendencia que existe dentro de esta industria de generar economías de escala, y de ofrecer productos con mejores especificaciones técnicas, en especial, la eficiencia de conversión de la luz solar en energía eléctrica.

En la actualidad, las diferentes oficinas de patentes del mundo consolidan los avances de la ciencia y la tecnología en bases de datos para su divulgación; un gran número de éstas se encuentran a disposición del público en la Internet y en general, presentan un costo relativamente bajo o son de acceso libre. Asimismo, la reducción de los costos de los servicios informáticos facilita el uso de estos datos

de una forma abierta y descentralizada. Existen potentes herramientas que tienen acceso a diversas oficinas de patentes y que permiten capturar y organizar grandes cantidades de información, tal es el caso de la plataforma Orbit.com utilizada para esta investigación, la cual facilitó el proceso de vigilancia tecnológica y redujo considerablemente el tiempo de las búsquedas dado que se conecta simultáneamente a múltiples bases de datos de oficinas de patentes en todo el mundo.

Luego de analizar los cuadrantes de los mapas tecnológicos de las empresas y los factores críticos se puede afirmar que las compañías Sharp Corp. y Kyocera Corp. son las que mayor cantidad de patentes registran para la mayoría de las variables categóricas en casi todos los cuadrantes de los mapas.

Tanto para el caso de las células como el de los módulos fotovoltaicos, la eficiencia de conversión es el factor al cual las empresas líderes a nivel mundial le dan más prioridad en materia de I+D+i, por otro lado, la vida útil les es de menor relevancia para encaminar las actividades de investigación. Esto ocasiona que la eficiencia de conversión de las células y módulos fotovoltaicos se incremente de manera permanente, permitiendo a las compañías ofrecer productos más eficientes al mercado. Resulta interesante que a la vida útil de las células y de los módulos fotovoltaicos no se le dé mayor importancia en términos de investigación, ya que si bien este factor actualmente tiene una media en torno a los 25-30 años para los módulos fotovoltaicos, usualmente para este tipo de productos, el consumidor espera que a medida que pase el tiempo éstos tengan una mayor vida útil, por lo que se puede considerar como un factor influyente en la decisión de adquirir el producto; aunque por otro lado, se puede evidenciar que los términos de garantía ofrecidos por las compañías en general, contrarrestan esta situación al reponer, en la mayoría de los casos, aquellos módulos cuyo rendimiento decaiga por encima de un determinado porcentaje luego de cierto periodo transcurrido.

Con los resultados obtenidos se logró identificar que las compañías que más invierten en I+D no necesariamente son las que lideran en la solicitud y registro de patentes relacionadas con los factores críticos estudiados. Por ejemplo, Suntech Power y ReneSola, registraron una inversión de 73,3 y 52,6 millones de dólares para el año 2014, respectivamente, es decir, la tercera y cuarta más altas del listado (ver Tabla 4, pág. 45), mientras que en la clasificación general por la cantidad de patentes encontradas, estas empresas se ubican en los puestos 15 y 10, respectivamente. Un caso muy particular es el de First Solar, que al presentar la mayor inversión en I+D registrada para el año 2014 entre las empresas estudiadas (ver Tabla 4, pág. 45), con 144 millones de dólares, ocupa el puesto 14 (el antepenúltimo) en la clasificación por cantidad de patentes. Quizá esto se pueda atribuir a que First Solar produce mayormente módulos que se componen de células fotovoltaicas de película delgada (*thin-film solar cell*, abreviadamente TFSC, en inglés) las cuales emplean una tecnología propia de la empresa, que utiliza una capa semiconductora de Teluro de Cadmio (CdTe) para generar electricidad por medio del efecto fotovoltaico, y que por lo tanto, difiere de las

tecnologías de las células elaboradas por la demás compañías, que se basan principalmente en el silicio.

La oferta de productos colombianos de alta tecnología es muy baja o casi nula comparada con la de grandes potencias industriales, el enfoque de la actual coyuntura academia-industria nacional, basada en la exportación de productos primarios, manufacturas basadas en recursos y mano de obra, y manufacturas de baja calificación, mas no en manufacturas de una media-alta calificación e intensidad tecnológica (Consejo Privado de Competitividad, 2015), puede considerarse como una de las principales causantes de esta situación. Si el país quisiera posicionarse en la industria de la ESF, debería realizar con mayor intensidad procesos que fortalezcan las alianzas de instituciones educativas nacionales con universidades y compañías de otros países, como la realizada por el SENA (ver págs. 39 y 40), para lograr como primer paso, contar con capital humano calificado en ésta área.

Para las empresas, el estar en un mundo globalizado implica la permanente necesidad de fortalecer sus procesos de I+D+i para que sean capaces de competir con nuevos rivales que pueden contar con una cultura madura en lo que respecta al desarrollo tecnológico, y de esta manera lograr introducir productos que satisfagan o excedan las expectativas del mercado. El gobierno nacional puede contribuir mediante políticas públicas que fomenten la formación educativa y empresarial en materia de propiedad industrial, y la difusión de la importancia de las patentes como herramienta de gestión tecnológica.

RECOMENDACIONES

Para futuros estudios de vigilancia tecnológica, en la etapa de búsqueda de patentes se recomienda de ser posible, utilizar una plataforma potente en términos de organización, visualización y captura de la información, como por ejemplo Orbit.com, IHS Goldfire o Thomson Innovation; en lugar de las plataformas de acceso libre como PATENTSCOPE o Espacenet, que presentan limitaciones frente a los requerimientos de información que hacen parte de este tipo de estudios.

Por otro lado, para futuros estudios de mapeo tecnológico en el área de las células y módulos fotovoltaicos, se recomienda realizar la búsqueda de información en bases de datos de artículos técnicos, para luego comparar los resultados con los planteados en esta investigación (obtenidos de patentes) y de esta manera establecer similitudes y diferencias, para lograr identificar un panorama más amplio del estado de la técnica.

Las empresas que cuenten con los recursos necesarios y deseen incursionar en la industria de la ESF pueden utilizar este estudio como una base para elaborar un modelo de negocio enfocado en las tendencias de innovación tecnológica identificadas en este sector, como por ejemplo, el desarrollo de módulos fotovoltaicos con una mayor eficiencia de conversión.

BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (2011). Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva.
- Álvarez, F. (1999). *Algunas aportaciones al Análisis de Datos, utilizando técnicas de representación Multivariante*.
- Araújo, J. A., & Arencibia, R. (2002). Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. *ACIMED*. scielocu.
- Archanco, R. (2013). Como determinar los factores críticos de vigilancia tecnológica. Recuperado 5 de diciembre de 2014, a partir de <http://papelesdeinteligencia.com/los-factores-criticos-de-vigilancia-tecnologica-mas-importantes-para-una-empresa/>
- Baumard, P. (1991). *Stratégie et surveillance des environnements concurrentiels*. Paris.
- Brookes, B. C. (1987). *Bibliometrics, infometrics, infometrics. What are we talking about?*
- Callon, M., Courtial, J.-P., & Penan, H. (1993). *La scientométrie*. Presses Universitaires de France.
- Cantillo-guerrero, E. F., & Daza, J. (2012). EL SECTOR SOLAR FOTOVOLTAICO EN EL CARIBE COLOMBIANO: ANÁLISIS TÉCNICO Y DE MERCADO The solar photovoltaic sector in the Colombian Caribbean: technical and market analysis, (51), 87-92.
- CIEMAT e IALE Tecnología, S. L. (2009). *Informe de vigilancia tecnológica - Tendencias tecnológicas mundiales en el desarrollo y aplicación de paneles solares fotovoltaicos*.
- Consejo Privado de Competitividad. (2015). *Informe nacional de competitividad 2014-2015*.
- EPM. (2013). EPM promueve iniciativa innovadora para recargar celulares con energía solar. Recuperado 21 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.epm.com.co/site/Home/SaladePrensa/Noticiasynovedades/EPMpromueveiniciativainnovadoraparecargarcelularesconenergiasolar.aspx>
- Escorsa, P., & Maspons, R. (2001). *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva* (illustrate). Pearson Educación, 2001.
- Farreras, C. (1994). La vanguardia.
- Gibbons, P. T., & Prescott, J. E. (1996). Parallel competitive intelligence processes in organisations. Recuperado 10 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.readabstracts.com/Science-and-technology/Parallel-competitive->

intelligence-processes-in-organisations.html

- Greenacre, M. (2008). *La práctica del análisis de correspondencias*. Fundación BBVA.
- Herring, J. P. (1992). The role of competitive intelligence in formulating marketing strategy, 103-110.
- Hidalgo, A., Serrano, G., & Pavón, J. (2002). *La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones*. Madrid: Pirámide.
- Hong, S. (s. f.). La magia de la información sobre patentes. Recuperado 8 de octubre de 2015, a partir de http://www.wipo.int/sme/es/documents/patent_information.htm
- IHS. (2015). Chinese Suppliers Continued to Lead the Solar PV Module Market in 2014, IHS Says. Recuperado 19 de agosto de 2015, a partir de <http://press.ihs.com/press-release/technology/chinese-suppliers-continued-lead-solar-pv-module-market-2014-ihs-says>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2015). *Climate Change 2014: Synthesis Report*.
- International Energy Agency. (2015). Snapshot of Global PV Markets, 1-16.
- Jakobiak, F. (1992). *Exemples commentés de veille technologique*. (L. E. D'Organisation, Ed.). Paris.
- Kunz, T., Source, A. P., & National, A. (2013). A new material for solar panels could make them cheaper , more efficient, (December), 1-3.
- Lacey, S. (2015). UBS Analysts: Solar Will Become the 'Default Technology of the Future'. Recuperado 29 de junio de 2015, a partir de http://www.greentechmedia.com/articles/read/ubs-analysts-solar-will-become-the-default-technology-of-the-future?utm_source=Solar&utm_medium=Picture&utm_campaign=GTMDaily
- Lee, K., & Lee, S. (2013). Patterns of technological innovation and evolution in the energy sector: A patent-based approach. *Energy Policy*, 59, 415-432. <http://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.03.054>
- López, I., Fernandez, A., Manchado, E., Agustín, L., & Zabala, E. (2006). La inteligencia competitiva como herramienta de innovación, 8.
- Masson, G. (iCARES C., Orlandi, S., & Reking, M. (2014). Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018, 60.
- Mints, P. (2015). The Top Ten PV Manufacturers in 2014 and Why This List Can Lack Meaning. *SPV MARKET RESEARCH*.
- Muñoz, J., Marín, M., & Vallejo, J. (2006). La vigilancia tecnológica en la gestión de proyectos de I+D+i: recursos y herramientas. *El profesional de la*

información, 15, Number, 411-419.

- Nosella, A., Petroni, G., & Salandra, R. (2008). Technological change and technology monitoring process: Evidence from four Italian case studies. *Journal of Engineering and Technology Management*, 25(4), 321-337. <http://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2008.10.001>
- Palop, F., & Vicente, J. M. (1999). *Vigilancia Tecnológica e Inteligenci Competitiva. Su potencial para la empresa española*.
- Park, H., Kim, K., Choi, S., & Yoon, J. (2013). A patent intelligence system for strategic technology planning. *Expert Systems with Applications*, 40(7), 2373-2390. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.10.073>
- Peña, D. (2002). Análisis de datos multivariantes, 515. <http://doi.org/8448136101>
- REN21. (2015). *Renewables 2015 global status report*.
- REVE – Revista Eólica y del Vehículo. (2015). Energías renovables, avance tecnológico y reducción de costes. Recuperado 29 de junio de 2015, a partir de <http://www.evwind.com/2015/04/26/la-realidad-de-las-energias-renovables/>
- Revista Portafolio. (2014). Sena formará técnicos en energía solar fotovoltaica | Portafolio.co. Recuperado 12 de diciembre de 2014, a partir de <http://www.portafolio.co/economia/sena-formara-tecnicos-energia-solar-fotovoltaica>
- Rodríguez, M. (1999). *La inteligencia tecnológica: elaboración de mapas tecnológicos para la identificación de líneas recientes de investigación en materiales avanzados y sinterización*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.
- Shih, M.-J., Liu, D.-R., & Hsu, M.-L. (2010). Discovering competitive intelligence by mining changes in patent trends. *Expert Systems with Applications*, 37(4), 2882-2890. <http://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.09.001>
- Solar Decathlon. (2014). Solar Decathlon 2015. Recuperado 12 de diciembre de 2014, a partir de <http://www.solardecathlon2015.com.co/index.php/es/evento/nosotros>
- Statista. (2014). Market distribution of photovoltaic module manufacturers 2013 | Statistic. Recuperado 5 de noviembre de 2014, a partir de <http://www.statista.com/statistics/269812/global-market-share-of-solar-pv-module-manufacturers/>
- Štefániková, Ľ., & Masárová, G. (2014). The Need of Complex Competitive Intelligence. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 110, 669-677. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.911>
- Stembridge, B. (2005). Sorting the wheat from the chaff- the use of patent analysis in evaluating portfolios.

SunEdison España. (s. f.). Ventajas de la Energía Solar Fotovoltaica. Recuperado 11 de diciembre de 2015, a partir de <http://www.sunedison.es/energia-solar-fotovoltaica/ventajas.html>

Superintendencia de Industria y Comercio. (2015). Patentes | Superintendencia de Industria y Comercio. Recuperado 5 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.sic.gov.co/drupal/patentes>

UPME. (2013). Informe de Gestión de la UPME 2013, (2322).

WIPO. (2015). Patentes. Recuperado 5 de noviembre de 2015, a partir de <http://www.wipo.int/patents/es/>

ANEXOS

Anexo A. Formato de encuesta para validación de factores críticos

Nombre:	
Institución:	
Cargo:	
En el siguiente cuadro encontrará un listado de factores críticos de vigilancia influyentes en el área de investigación y desarrollo de células y módulos fotovoltaicos. De acuerdo con sus conocimientos y el enfoque del grupo de investigación al cual pertenece, por favor señale con una X cuál o cuáles de los siguientes factores considera importante investigar:	
Eficiencia de conversión	
Apariencia estética (de los módulos)	
Rendimiento	
Costos de fabricación	
Consistencia en la potencia promedio	
Vida Útil	
Eficiencia de fabricación	
Confiabilidad	
Potencia de salida	
Observaciones:	

Fuente 53. Elaboración propia.

Anexo B. Colección FamPat asociada a Orbit.com

Contenido: cobertura de la familia completa de publicaciones de patentes internacionales publicadas por más de 100 autoridades de patentes. En FamPat, un solo registro familiar combina juntas todas las etapas de publicación de cada miembro de la familia. Questel ha desarrollado una definición de familia que incorpora la regla familiar estricta de la EPO con reglas adicionales para tener en cuenta los vínculos entre publicaciones de EP y el PCT y enlaces entre solicitudes provisionales de US y aplicaciones publicadas de US. La definición de familia de FamPat también incorpora diferentes definiciones que las autoridades de patentes den a una invención.

Los registros contienen:

- Primera página de información: Patentes y aplicación publicada, números y fechas de publicación, números de aplicación y fechas de presentación, números de prioridad y fechas de prioridad, el(los) cesionario(s), inventor(es), códigos de clasificación de la EPO (CPC, la CEPAL, la OIC y IDT) y la Clasificación Internacional de Patentes (IPC), así como clasificaciones, títulos, resúmenes y dibujos japoneses y de los Estados Unidos.
- Informes de la búsqueda con citaciones de patente y no-patente para publicaciones de WO, EP, US, EA, AP, AU, BE, BG, CH, CZ, DE, DK, ES, FR, GB, GR, JP, LU, NL, SG y TR.
- Contenido clave y conceptos extraídos del texto completo oficial en inglés de aplicaciones EP publicadas (excepto Euro-PCTs) desde 1988, aplicaciones PCT publicadas a mediados de 2001, Patentes US concedidas entre 1971 y 2000, aplicaciones US publicadas desde marzo de 2001 y aplicaciones GB publicadas desde 1979.
- El texto completo de la descripción y las reivindicaciones para las publicaciones de 21 oficinas de patentes (WO, US, EP, AT, BE, BR, CA, CH, CN, DE, ES, FR, GB, JP, RU, DK, FI, SE, IN, TW y KR). Los datos bibliográficos están completos con reivindicaciones y descripción.

FamPat incluye información sobre el estado legal de aproximadamente 50 países.

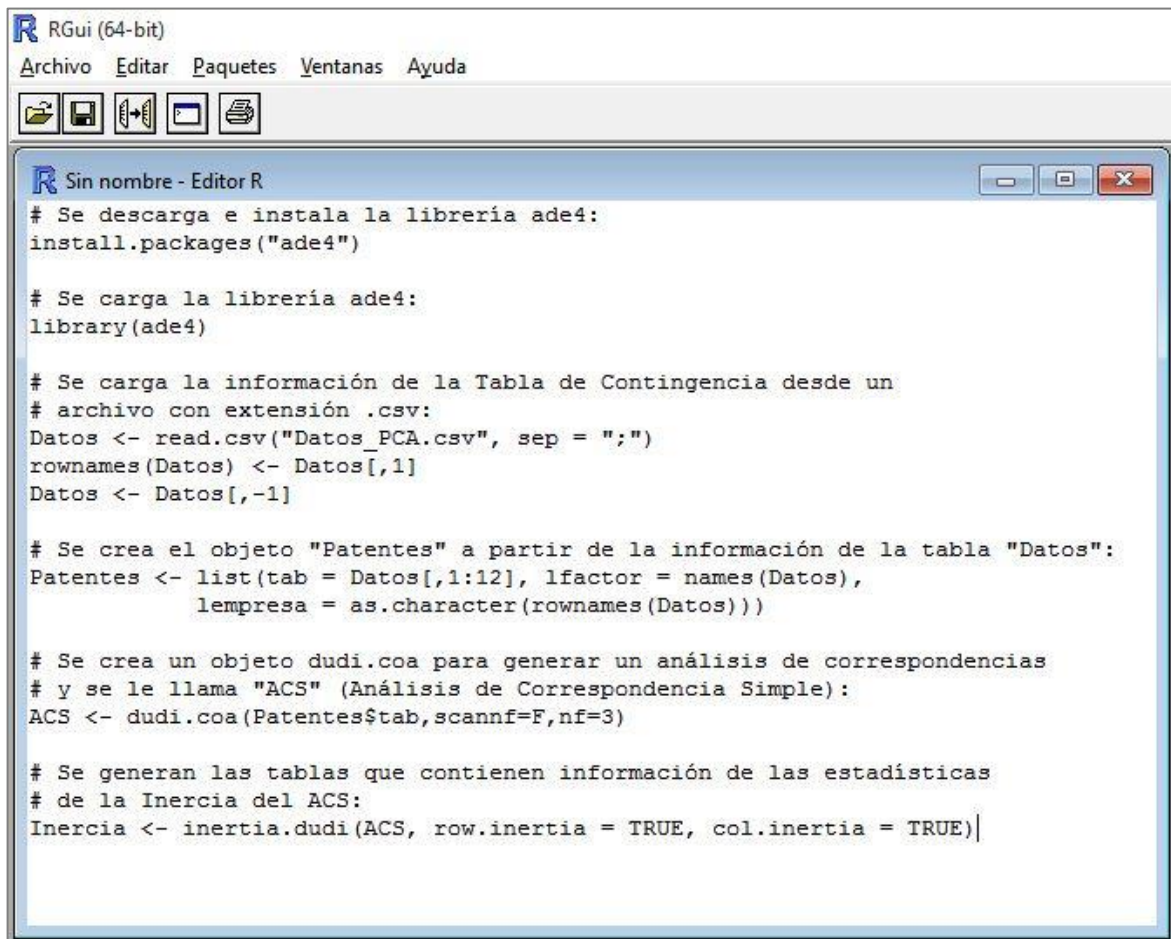
Idioma: Inglés (traducción oficial o de la máquina), francés, alemán, español, otros idiomas para la información bibliográfica. Inglés y el idioma original para la descripción y reivindicaciones*.

Para ver la cobertura más reciente y la información actualizada de FamPat, consultar el URL <http://www.questel.com/index.php/en/support/coverage>.

* La información de este anexo fue tomada el 5 de noviembre de 2015, a partir del URL: static.questel.com/orbit/help/1.9.4/EN/index.html#!Documents/thefampatcollection.htm

Anexo C. Instrucciones para el software R

Para realizar el Análisis de Correspondencias Simple se utilizó la librería “ade4”, la cual provee las herramientas necesarias para realizar éste y otro tipo de análisis multivariados.



```
RGui (64-bit)
Archivo  Editar  Paquetes  Ventanas  Ayuda

Sin nombre - Editor R
# Se descarga e instala la librería ade4:
install.packages("ade4")

# Se carga la librería ade4:
library(ade4)

# Se carga la información de la Tabla de Contingencia desde un
# archivo con extensión .csv:
Datos <- read.csv("Datos_PCA.csv", sep = ";")
rownames(Datos) <- Datos[,1]
Datos <- Datos[,-1]

# Se crea el objeto "Patentes" a partir de la información de la tabla "Datos":
Patentes <- list(tab = Datos[,1:12], lfactor = names(Datos),
                 lempresa = as.character(rownames(Datos)))

# Se crea un objeto dudi.coa para generar un análisis de correspondencias
# y se le llama "ACS" (Análisis de Correspondencia Simple):
ACS <- dudi.coa(Patentes$tab, scannf=F, nf=3)

# Se generan las tablas que contienen información de las estadísticas
# de la Inercia del ACS:
Inercia <- inertia.dudi(ACS, row.inertia = TRUE, col.inertia = TRUE)
```

Fuente 54. Elaboración propia.

Al ejecutar el objeto “Inercia” se visualiza en pantalla la información correspondiente a las tablas 10, 11 y 12 (ver págs. 65 y 66) del ACS.

Anexo D. Instrucciones para el software XLSTAT

Para realizar un Análisis de Correspondencias Simple en XLSTAT, una vez esté abierta la hoja de cálculo de Microsoft Excel donde se encuentra la tabla de contingencia, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Ejecutar el complemento de XLSTAT.
2. Hacer clic en el menú XLSTAT/ Análisis de Datos/ Análisis factorial de Correspondencias*.
3. Ingresar y/o seleccionar la información necesaria en cada una de las pestañas de la ventana del análisis y hacer clic en aceptar.
4. Seleccionar los ejes (componentes) con los cuales se quiere obtener los gráficos e información adicional.

En el paso 3, una vez ejecutado el análisis se generará una nueva hoja con toda la información correspondiente según se haya configurado en las opciones de las pestañas del análisis.

Por ejemplo, para este estudio se seleccionaron los ejes F1, F2 y F3 con los cuales se obtuvieron los tres mapas tecnológicos de las empresas y los factores críticos.

* En este caso, el Análisis Factorial de Correspondencias es equivalente al Análisis de Correspondencias Simple.

Anexo E. Coordenadas principales de los factores críticos y las empresas en los mapas tecnológicos

Factor crítico	F1	F2	F3
Cel_efic	0,0074082	-0,0592143	-0,2313759
Cel_apar	-0,2637468	-0,0247589	-0,4318182
Cel_rend	-0,2769129	-0,0782843	0,0391817
Cel_vida	-0,3329598	-0,2505951	-1,0525826
Cel_cost	-0,4959215	0,2047738	0,1978705
Cel_conf	0,2601606	-0,2316240	-0,1398739
Mod_efic	0,9450178	0,9467416	-0,0580756
Mod_apar	0,5118498	-0,6318597	0,1864264
Mod_rend	0,2398605	-0,1703833	0,3036642
Mod_vida	0,4290237	-0,5625639	-0,3487994
Mod_cost	-0,1289240	0,0740846	0,0968058
Mod_conf	0,6047063	-0,3741474	0,2693812

Fuente 55. Elaboración propia a través del software XLSTAT.

Empresa	F1	F2	F3
CAN	-0,0583329	0,0172329	-0,1606816
FIR	0,6514367	-0,8727019	0,9872755
GIN	0,0185707	-0,1943403	-0,9748283
HAN	-0,4941666	-0,1899321	-0,6468616
HAR	-0,8668054	0,2959399	0,2781941
JAS	-0,7381920	0,0051023	-0,0583138
JIN	-0,2217621	0,0575560	-0,1239273
KYO	0,5235884	-0,3145740	0,1659832
MOT	0,8900891	1,0971716	-0,0476401
NEO	0,0238400	0,4356866	-0,0675434
REN	-0,2081413	0,1982110	-0,0037676
SHA	-0,0050753	-0,0998276	-0,2071731
SUN	-0,2801740	-0,2419962	-1,4941287
SUT	0,0710523	-0,0421307	0,3492125
TRI	-0,2315756	0,0322122	0,1198116
YIN	-0,4662716	0,1275127	0,2094418

Fuente 56. Elaboración propia a través del software XLSTAT.