



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y PROSPECTIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y TECNOLOGÍAS PERIFÉRICAS**

**María Victoria Díaz Merchán**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ingeniería, Departamento Eléctrica y Electrónica  
Bogotá, Colombia

2014



# VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y PROSPECTIVA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO Y TECNOLOGÍAS PERIFÉRICAS

**María Victoria Díaz Merchán**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Maestría en Ingeniería Eléctrica**

Director:

Javier Rosero García, Ph.D

Codirector:

Omar Fredy Prias Caicedo; MSc.

Línea de Investigación:

Movilidad Eléctrica

Grupo de Investigación:

Electrical Machines & Drives, EM&D - COL0120979

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería, Departamento Eléctrica y Electrónica

Bogotá, Colombia

2014



---

## Resumen

---



Proponente:	María Victoria Díaz Merchán
e-mail:	<a href="mailto:mvdiazm@unal.edu.co">mvdiazm@unal.edu.co</a>
Programa:	Maestría en Ingeniería - Ingeniería Eléctrica
Director:	Javier Rosero García, Ph.D.
Título de la Trabajo de Grado:	Vigilancia tecnológica y prospectiva del vehículo eléctrico y tecnologías periféricas
Entidad:	Universidad Nacional de Colombia
Dirección:	oficina 208, Bogotá D.C.
e-mail:	<a href="mailto:emd_bog@unal.edu.co">emd_bog@unal.edu.co</a>
Teléfono:	+57 316 5000 Ext 10696:
Línea de Investigación:	Movilidad Eléctrica
Grupo de Investigación:	Electrical Machines & Drives, EM&D - COL0120979
Url:	<a href="http://www.ing.unal.edu.co/grupos/emd/index.html">www.ing.unal.edu.co/grupos/emd/index.html</a>

---

El presente documento describe el proyecto de Vigilancia Tecnológica (VT) y Prospectiva aplicada a Vehículos Eléctricos (EVs) y Tecnologías Periféricas en Colombia. El documento se divide en 3 capítulos principales que describen el desarrollo del proyecto; el primero un estado del arte con definiciones y metodologías, el segundo la explicación de la metodología implementada y un tercer capítulo con los resultados obtenidos posterior a la ejecución de la VT y PT a EVs.

Como parte de la metodología se identifican tecnologías alrededor del EV, y se analizan a nivel investigativo y de mercado. De este modo se obtienen tendencias, entre las más representativas, alrededor de los EVs. Los resultados son discutidos, junto con los temas de interés expuestos por los expertos mediante las Rondas Delphi. De esta manera se valida, concluye y crean escenarios futuros posibles de la implementación de los EVs en Colombia. Asimismo se presentan cuatro (4) escenarios a partir de identificar dos variables críticas para la implementación.

Para finalizar se presenta un capítulo con las conclusiones y sugerencias derivadas del desarrollo de la VT y la PT en EVs.

**Palabras Claves:** Vigilancia Tecnológica, Prospectiva Tecnológica, Vehículo Eléctrico, Eficiencia Energética, Transferencia Tecnológica, Tendencias en EVs.

---

## Abstract

---



Author:	María Victoria Díaz Merchán
e-mail:	<a href="mailto:mvdiazm@unal.edu.co">mvdiazm@unal.edu.co</a>
Program:	Magister in Engineering - Electrical Engineering
Advisor:	Javier Rosero García, Ph.D. Technological surveillance and prospective of electric vehicle and peripheral technologies
Job Grade Title:	
Organization:	Universidad Nacional de Colombia
Address:	office 208, Bogotá D.C.
e-mail:	<a href="mailto:emd_bog@unal.edu.co">emd_bog@unal.edu.co</a>
Phone:	+57 316 5000 Ext 10696
Research Area:	Electric Mobility
Research Group:	Electrical Machines & Drives, EM&D - COL0120979
Url:	<a href="http://www.ing.unal.edu.co/grupos/emd/index.html">www.ing.unal.edu.co/grupos/emd/index.html</a>

---

This document describes the development of the project of Surveillance Technology (VT) and Foresight applied to Electric Vehicles (EVs) and Peripheral Technologies in Colombia. For the project were identified technologies around EVs, which are analyzed in the areas of research, patents and market. In this way are obtained the most representative trends around EVs. These results are discussed, along with issues of concern identified by experts using the Delphi rounds. Thus validated, concludes and create possible future scenarios for the implementation of EVs in Colombia.

As a result, are presented four (4) scenarios from identify two critical variables of implementing EVs in Colombia. Finally a concept of Technology Transfer, with which a proposal to run on the implementation of EVs in the region is presented is presented.

**Keywords:** Surveillance Technology (VT), Foresight Technology, Electrical Vehicle (EV), Energy Efficiency, Technology Transfer, Trends in EVs.

# Contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1. Estado del Arte.....</b>	<b>6</b>
<b>1.1 Vigilancia Tecnológica .....</b>	<b>6</b>
1.1.1 Definiciones y Conceptos sobre VT.....	6
1.1.2 Metodologías de Vigilancia Tecnológica.....	7
1.1.3 Estudios Aplicando VT.....	11
<b>1.2 Prospectiva Tecnológica .....</b>	<b>12</b>
1.2.1 Rondas Delphi .....	13
1.2.2 Lineamientos Metodológicos para el Análisis de PT .....	13
1.2.3 Elección de Expertos .....	14
1.2.3.1 Planteamiento de Escenarios .....	15
1.2.4 Descripción para el desarrollo de escenarios .....	15
<b>1.3 Transferencia Tecnológica .....</b>	<b>16</b>
1.3.1 Definiciones de Transferencia.....	16
1.3.2 Metodología para la Transferencia Tecnológica .....	17
1.3.3 Tipos de Transferencia Tecnológica.....	17
1.3.4 Canales para la Transferencia de Tecnología .....	17
1.3.5 Recomendaciones para Desarrollar una Transferencia de Tecnológica .....	18
<b>1.4 Vehículos Eléctricos.....</b>	<b>18</b>
1.4.1 Tipo de EVs.....	19

1.4.2	Infraestructura de Recarga .....	19
1.4.2.1	Puntos de Recarga .....	20
1.4.2.2	Tipos de Recarga .....	20
1.4.3	Baterías para EVs .....	21
1.4.4	Tipo de Batería empleadas en EVs.....	22
<b>2.</b>	<b><i>Metodología VT Aplicada a EVs.....</i></b>	<b>25</b>
2.1	<b>FASE I: Definición de la temática e Identificación de las fuentes de información (Selección de Temas Relevantes).....</b>	<b>27</b>
2.2	<b>FASE II: Búsqueda y Análisis de la Información .....</b>	<b>27</b>
2.2.1	Análisis Macroscópico.....	27
2.2.2	Diagramas Estratégicos.....	28
2.2.3	Otros Factores de Vigilancia .....	29
2.2.4	Información Ambiental, Social y de Mercado.....	29
2.3	<b>FASE III: Validación de la Información .....</b>	<b>29</b>
2.4	<b>FASE IV: Difusión de Resultados .....</b>	<b>30</b>
<b>3.</b>	<b><i>Resultados VT y PT .....</i></b>	<b>31</b>
3.1	<b>FASE I: Definición de la temática e Identificación de las fuentes de información .....</b>	<b>31</b>
3.2	<b>FASE II: Búsqueda y Análisis de la Información .....</b>	<b>33</b>
3.2.1	Ecuaciones de Búsqueda.....	33
3.2.2	Análisis Macroscópico.....	34
3.2.3	Diagramas Estratégicos.....	37
3.2.3.1	Diagrama de Artículos Científicos.....	37
3.2.3.2	Diagrama de Patentes.....	39
3.2.4	Otros Factores de Vigilancia .....	40
3.2.5	Tendencias Tecnológicas a partir de Artículos Científicos.....	46

---

3.2.6	Tendencias Tecnológicas a partir de Patentes .....	50
3.2.7	Correlación entre Tendencias Encontradas.....	53
3.2.8	Información de Mercado .....	57
3.2.8.1	Revisión Mercado Internacional .....	61
3.2.9	Ambiental y Social.....	62
3.2.10	Análisis de Resultados.....	63
<b>3.3</b>	<b>FASE III: Validación de la Información .....</b>	<b>64</b>
3.3.1	Validación de la Información .....	64
3.3.1.1	Primera Ronda Delphi.....	65
3.3.1.2	Segunda Ronda Delphi.....	67
3.3.1.3	Tercera Ronda Delphi – Taller de expertos .....	69
3.3.1.4	Síntesis de Rondas Delphi sobre Implementación EVs.....	73
3.3.1.5	Escenarios Planteados para la Implementación de EVs en Colombia ....	79
<b>3.4</b>	<b>FASE IV: Difusión de Resultados .....</b>	<b>82</b>
<b>3.5</b>	<b>Metodología para la Transferencia Tecnológica .....</b>	<b>84</b>
3.5.1	Elección .....	84
3.5.2	Adquisición.....	84
3.5.3	Adaptación .....	85
3.5.4	Absorción y Asimilación .....	85
3.5.5	Aplicación.....	86
3.5.6	Difusión y Desarrollo.....	86
3.5.7	Diagrama de Flujo Metodología Transferencia para la Implementación de EVs	
	87	
<b>4.</b>	<b>Conclusiones y Recomendaciones .....</b>	<b>90</b>
<b>4.1</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>90</b>
4.1.1	Vigilancia Tecnológica.....	90
4.1.2	Prospectiva Tecnológica .....	91

4.1.3	Trasferencia Tecnológica .....	92
<b>4.2</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>93</b>
4.2.1	Temas propuestos.....	93
<b>Anexo A.</b>	<b><i>Estudios de Vigilancia Tecnológica y Prospectiva Tecnológica</i></b>	<b>94</b>
<b>A.1</b>	<b>Proyectos de Vigilancia Tecnológica .....</b>	<b>94</b>
<b>A.2</b>	<b>Proyectos de Transferencia Tecnológica.....</b>	<b>96</b>
<b>Anexo B.</b>	<b><i>Parámetros para desarrollo de Vigilancia Tecnológica</i></b>	<b>98</b>
<b>B.1</b>	<b>Grupo de Trabajo .....</b>	<b>98</b>
<b>B.2</b>	<b>Selección de Bases de Datos.....</b>	<b>99</b>
B.2.1	Otras Fuentes de Información .....	99
<b>B.3</b>	<b>Selección de Palabras Claves .....</b>	<b>100</b>
B.4	Formatos de Información .....	101
<b>Anexo C.</b>	<b><i>Desarrollo de Rondas Delphi</i></b> .....	<b>102</b>
<b>C.1</b>	<b>Primera Ronda Delphi .....</b>	<b>102</b>
C.1.1	Primera Encuesta -Ronda Delphi .....	103
<b>C.2</b>	<b>Segunda Ronda Delphi .....</b>	<b>108</b>
C.2.1	Encuesta Segunda Ronda Delphi .....	108
<b>C.3</b>	<b>Tercera Ronda Delphi.....</b>	<b>110</b>
<b>Bibliografía</b>	.....	<b>111</b>

## Lista de Figuras

<i>Figura 1-1. Proceso de la Inteligencia Competitiva y Tecnológica [12]</i> .....	8
<i>Figura 1-2. Ciclo de la Inteligencia Competitiva o Vigilancia Tecnológica [13]</i> .....	8
<i>Figura 1-3. Metodología Integrada de Evaluación de la Innovación, tecnologías y competencias [14]</i> .....	9
<i>Figura 1-4. El Proceso de Inteligencia Competitiva [9]</i> .....	10
<i>Figura 1-5. Esquema general de un estudio de PT con el Método Delphi</i> .....	14
<i>Figura 1-6. Comparación de energías específicas de tres tipos de baterías [37]</i> .....	23
<i>Figura 2-1. Metodología VT para EVs</i> .....	26
<i>Figura 3-1. Temas priorizados sobre EVs</i> .....	32
<i>Figura 3-2. Países con Mayor Cantidad de Publicaciones Científicas</i> .....	44
<i>Figura 3-3. Países con mayor Cantidad de Patentes</i> .....	45
<i>Figura 3-4. Países con Mayor Producción de Vehículos de Combustión</i> .....	46
<i>Figura 3-5. Síntesis resultados Rondas Delphi – Aplicaciones EVs</i> .....	75
<i>Figura 3-6. Síntesis resultados Rondas Delphi – Tipos y Sistemas de Recarga</i> .....	76
<i>Figura 3-7. Síntesis resultados Rondas Delphi – Tecnologías Periféricas</i> .....	77
<i>Figura 3-8. Síntesis conclusiones Rondas Delphi Impactos de la Implementación de EVs</i> .	78
<i>Figura 3-9. Cuatro escenarios para la Implementación de los EVs</i> .....	80
<i>Figura 3-10. Flujograma Transferencia Tecnológica</i> .....	88
<i>Figura 3-11. Planteamiento para Elección EVs</i> .....	89

## Lista de Gráficas

<i>Gráfica 3-1. Análisis Macroscópico Aplicaciones EVs .....</i>	<i>34</i>
<i>Gráfica 3-2. Análisis Macroscópico Tecnologías EVs .....</i>	<i>35</i>
<i>Gráfica 3-3. Análisis Macroscópico Baterías EVs .....</i>	<i>35</i>
<i>Gráfica 3-4. Análisis Macroscópico Sistemas de Recarga.....</i>	<i>36</i>
<i>Gráfica 3-5. Consulta a nivel macro de Impactos de EVs.....</i>	<i>36</i>
<i>Gráfica 3-6. Resultados Análisis Macroscópico EVs.....</i>	<i>37</i>
<i>Gráfica 3-7. Diagrama Estratégico de Aplicaciones EVs de Artículos.....</i>	<i>38</i>
<i>Gráfica 3-8. Diagrama Estratégico de Baterías de Artículos .....</i>	<i>38</i>
<i>Gráfica 3-9. Diagrama Estratégico de Sistemas de Recarga de Artículos .....</i>	<i>39</i>
<i>Gráfica 3-10. Diagrama Estratégico Patentes .....</i>	<i>40</i>
<i>Gráfica 3-11. Tendencias de temas principales identificados para la Vigilancia Tecnológica en EVs.....</i>	<i>47</i>
<i>Gráfica 3-12. Tendencia en artículos de Aplicaciones de EVs.....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfica 3-13. Tendencia en Artículos de Tecnologías de EVs.....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfica 3-14. Tendencias de Artículos sobre Características de Baterías de EVs.....</i>	<i>49</i>
<i>Gráfica 3-15. Tendencias de artículos en Sistemas de Recarga.....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfica 3-16. Tendencia de Patentes encontradas sobre Características de Baterías para EVs.....</i>	<i>51</i>
<i>Gráfica 3-17. Tendencias de Patentes encontradas sobre Tipo de Baterías .....</i>	<i>51</i>
<i>Gráfica 3-18. Tendencias de Patentes encontradas sobre Tipo de Baterías (Filtrado).....</i>	<i>52</i>
<i>Gráfica 3-19. Tendencias de Patentes encontradas en Sistemas de Recarga .....</i>	<i>52</i>
<i>Gráfica 3-20. Tendencias de Patentes en Sistemas de Recarga (filtrado) .....</i>	<i>53</i>

---

<i>Gráfica 3-21. Correlación entre Artículos y Patentes en Tecnología .....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfica 3-22. Correlación entre Artículos y Patentes en Baterías.....</i>	<i>54</i>
<i>Gráfica 3-23. Correlación entre Artículos y Patentes en Sistemas de Recarga.....</i>	<i>55</i>
<i>Gráfica 3-24. Correlación entre Artículos y Patentes en Supercondensadores .....</i>	<i>56</i>
<i>Gráfica 3-25. Correlación entre Artículos y Patentes en Convertidores e Inversores.....</i>	<i>57</i>
<i>Gráfica 3-26. Cantidad de Venta de Vehículos de Combustión en Colombia .....</i>	<i>58</i>
<i>Gráfica 3-27. Porcentaje de Mercado de Vehículos en Colombia.....</i>	<i>58</i>
<i>Gráfica 3-28. Empresas de mayor venta de Vehículos en Colombia .....</i>	<i>59</i>
<i>Gráfica 3-29. Estadísticas más representativas de Ventas de Vehículos en Colombia.....</i>	<i>60</i>
<i>Gráfica 3-30. Mercado Internacional de EVs .....</i>	<i>61</i>
<i>Gráfica 3-31. Tendencia de Ventas de EVs a Nivel Internacional .....</i>	<i>62</i>
<i>Gráfica 3-32. Tendencias de Artículos encontrados sobre Impactos por incursión de EVs</i>	<i>63</i>
<i>Gráfica 4-1. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Tipo de Aplicaciones para EVs .....</i>	<i>104</i>
<i>Gráfica 4-2. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Características Baterías para EVs .....</i>	<i>104</i>
<i>Gráfica 4-3. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Tecnologías Periféricas de EVs.....</i>	<i>105</i>
<i>Gráfica 4-4. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Supercondensadores como alternativa de almacenamiento de energía .....</i>	<i>105</i>
<i>Gráfica 4-5. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Principal obstáculo en el desarrollo de las Baterías .....</i>	<i>106</i>
<i>Gráfica 4-6. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Tipo de Recarga para cada tipo de uso .....</i>	<i>106</i>
<i>Gráfica 4-7. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Centro de Recarga para cada tipo de uso....</i>	<i>107</i>
<i>Gráfica 4-8. Resultados 1<sup>ra</sup> Ronda Delphi – Impacto sobre la Implementación de EVs....</i>	<i>107</i>
<i>Gráfica 4-9. Resultados Segunda Ronda Delphi .....</i>	<i>110</i>

## Lista de Tablas

<i>Tabla 1-1. Procesos de Vigilancia Tecnológica de Metodologías [16].....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 1-2. Autonomía de Diferentes Modelos Eléctricos [35] .....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 1-3. Tipos de batería Ión – Litio [36] .....</i>	<i>22</i>
<i>Tabla 3-1. Ecuaciones de Búsqueda EVs y Tecnologías Periféricas .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3-2. Palabras Claves más Frecuentes.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 3-3. Instituciones con mayores publicaciones en Artículos Científicos .....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 3-4. Solicitantes de mayor cantidad de patentes en EVs y Tecnologías Periféricas .</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 3-5. Ofertas de EVs en el Mercado Mundial Actual .....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla A-4-1 Clasificación de Palabras Claves.....</i>	<i>100</i>
<i>Tabla A-4-2 Participantes Rondas Delphi .....</i>	<i>103</i>
<i>Tabla A-4-3 Participantes Taller de Expertos.....</i>	<i>110</i>

## Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Término
VT	Vigilancia Tecnológica
PT	Prospectiva Tecnológica
EVs	Vehículos Eléctricos
HEVs	Vehículos Híbridos
BEVs	Vehículos Eléctricos Puros
PHEVs	Vehículos Híbridos Enchufables
<i>CIDEI</i>	<i>Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica e Informática</i>
PDCA	Planificar-Hacer-Verificar y Actuar
CREG	Comisión de Regulación de Energía y Gas
RETIE	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
PROURE	Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía
GNV	Gas Natural Vehicular
SOC	Battery State of Charge
AER	All Electric Range
BTT	Bank-To-Turn
BMS	Battery Management System
AC	Alternating Current (Corriente Alterna)
DC	Direct Current (Corriente Continua)



## INTRODUCCIÓN

La necesidad de las instituciones educativas y empresariales, parte de la base de conocer las últimas tecnologías en las que se está trabajando, así como los últimos desarrollos y productos que están en el mercado. Por lo que es importante conocer las líneas de investigación, las tecnologías emergentes y tecnologías potencialmente obsoletas. Para ello se realizan estudios de Vigilancia Tecnológica –VT–, donde mediante una metodología se detectan fuentes de información que permiten enfrentar decisiones de tipo tecnológico, y de esta manera extraer información relevante sobre tendencias, novedades, invenciones, aplicaciones, tecnológicas emergentes, a la vez que se contemplan aspectos regulatorios y de mercado que pueden condicionar el éxito de una innovación tecnológica [1].

Anticiparse a cambios y a sus efectos aventaja de manera considerable a los fabricantes y comercializadores de los productos. La detección temprana de novedades y la percepción oportuna de amenazas, permite desarrollar mucho más rápido y con mayor versatilidad estrategias para adaptarse a estas tendencias. De esta forma, pueden reorientar sus recursos, esfuerzos y capacidades tecnológicas, productivas y comerciales. Por otro lado permite que las entidades educativas fortalezcan las líneas de investigación, en pro de optimizar procesos y productos en cuestión.

La VT requiere tanto de recursos económicos como humanos, y de herramientas que ayuden al análisis de la información obtenida. En países en desarrollo como Colombia, un alto porcentaje de empresas carecen de estos recursos, especialmente las PYMES, por lo que estos procesos no son ampliamente empleados y la tecnología no cuenta con un papel estratégico en la mayoría de los casos.

En el tema de transporte, el *Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria Electro Electrónica e Informática –CIDEI–* implementó Vigilancia Estratégica en el *Estudio*

*de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Vehículos Eléctricos de Transporte Personal* en el 2011 [2]. Hasta el momento no se registra otro estudio de similares características, contrario a lo recomendado en documentos como el PROURE<sup>1</sup>.

En el PROURE se sugieren planes de acción por sectores para aplicar gradualmente en toda la cadena energética, a fin de crear las condiciones de uso racional y eficiente de energía [3], más aún en el sector transporte que tiene un porcentaje representativo en cuanto al consumo final de energía del país<sup>2</sup>. El PROURE sugiere explícitamente el desarrollo de un programa de vigilancia tecnológica con el objeto de hacer seguimiento en tecnologías de transporte [3].

La VT muestra la necesidad de impulsar cambios tecnológicos en equipos de uso final del sector transporte, que empleen energéticos que produzcan el menor cambio al medio ambiente. Aún más, cuando el desarrollo del sector transporte en Colombia ha tenido un incremento tan acelerado, que ha desencadenado fenómenos que conllevan a problemas sociales, económicos, ambientales y de productividad. Entre los efectos se encuentra asociado el deterioro del medio ambiente, pues su fuente principal de energía son combustibles derivados del petróleo como la Gasolina, el Diesel y el Gas Natural Vehicular (GNV).

Una distribución por sectores de la demanda de combustibles<sup>3</sup>, hace evidente que el mayor porcentaje de uso de Gasolina se divide entre taxis, vehículos para pasajeros urbanos privados y vehículos particulares urbanos. Los agentes contaminantes que se generan al momento de la combustión en un vehículo como los nombrados son el monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no quemados, entre otros.

---

<sup>1</sup>PROURE orientado a la disminución de la intensidad energética, al mejoramiento de la eficiencia energética de los sectores de consumo y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, en función de la identificación de los potenciales y la definición de metas por ahorro energético y participación de las fuentes y tecnologías no convencionales en la canasta energética del país [3] O. F. Prias, "Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales - PROURE," Bogotá 19 de Abril 2010.

<sup>2</sup> 38.3% - Dato Gráfico [3] *ibid*.

<sup>3</sup> Tabla 2-2 [4] "Proyección de Demanda de Energía para el Sector Transporte," Bogotá 2008.

De acuerdo con el análisis realizado en el año 2005 por el Departamento Nacional de Planeación –DNP–, plasmado en el documento Conpes 3344<sup>4</sup>, la contaminación del aire en el país es causada principalmente por el uso de combustibles fósiles. Las mayores emisiones de material particulado menor a 10 micras (PM10), óxidos de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) estaban ocasionadas por las fuentes móviles.

Después de la contaminación del agua y los desastres naturales, la polución produce un alto costo social, llegando a los 1.5<sup>5</sup> billones de pesos anuales. Entre los efectos negativos de material particulado sobre la salud y la productividad de las personas están el cáncer, el asma, la bronquitis crónica y los desórdenes respiratorios [7].

Con base en esto se han realizado estudios por entidades públicas y privadas que exponen diferentes escenarios, interrelacionando situaciones medioambientales con las proyecciones que se tienen del consumo y la demanda automotriz. Para estos estudios se tienen en cuenta variables como precios de combustibles, crecimiento de la economía, tecnologías disponibles para movilidad de personas, movilidad de equipos y productos etc.

Bajo estos lineamientos, el propósito de este documento es el desarrollo de la VT para el sistema de movilidad eléctrica, dirigida a vehículos eléctricos, vehículos híbridos, vehículos eléctricos puros y vehículos híbridos enchufables, de uso particular urbano y público liviano y masivo, como alternativa energética y ambiental. La ventana de tiempo para el estudio será hasta el 2012, teniendo en cuenta las industrias más representativas.

Implementando la metodología de la VT se obtienen los argumentos de tipo técnico y económico que permiten anticiparse a los cambios que implicarían la implementación de los EVs en Colombia. De esta manera se identifican tendencias tecnológicas y se evalúan

---

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Política Económica y Social [5] DNP, "Lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire ", MAVDT, Ed., ed. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2005, p. 30.

<sup>5</sup> Figure 2.1: Annual Cost of Environmental Damage (Billion Pesos per year) [6] B. Larsen, "Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment," Ministry of Environment, Housing and Land Development, Bogotá2004.

posibles desarrollos tecnológicos locales. La metodología implementada para el desarrollo del trabajo se describe en cuatro (4) fases principales: **definición de la temática e identificación de las fuentes de información, búsqueda de la información y análisis de la misma, validación de la información y difusión** por medio del informe final de la VT.

La primera fase consiste en la definición de la temática y los factores críticos de vigilancia. Para este fin se identifican los temas concernientes al EV y se relacionan a palabras claves de manera que se tenga una búsqueda sistemática. Consecutivamente se identifican las posibles fuentes para la recolección de información y se establecen las ecuaciones de búsqueda.

La segunda fase consta en dos actividades principales; la primera una consulta preliminar de manera macro para identificar temas que sobresalen a nivel investigativo. De éste se seleccionan los temas principales para focalizarlos en el ejercicio de la VT. Los resultados expuestos en una ventana de tiempo seleccionada, describen de algún modo las tendencias en investigación sobre los temas seleccionados alrededor de los EVs. Mediante herramientas gráficas se destacan temas relevantes, países e instituciones que promueven la investigación y el desarrollo. Ésta información es correlacionada en casos puntuales, y analizada de manera individual.

La tercera fase parte del análisis de la fase anterior, en ésta temas que presentan contradicciones o divergencias entre los ámbitos son transformados en preguntas concretas para poder ser validados por expertos en el tema.

Lo anterior a su vez permite que se pueda contextualizar la información adquirida, pues la recopilada es obtenida principalmente de otros países con características diferentes a las colombianas. Estas preguntas forman parte del proceso de Prospectiva Tecnológica.

Las Rondas Delphi hacen parte de la metodología seleccionada para el desarrollo de la Prospectiva Tecnológica, ésta permite encaminar los desarrollos en un período de tiempo. Esta metodología está siendo promovida en Colombia desde el año 2004 con el fin de

elaborar escenarios a futuro en sectores estratégicos, centrando esfuerzos en la investigación de nuevas tendencias y otras que pudieran surgir de la combinación de factores sociales, políticos nacionales y descubrimientos científicos. En este documento se presentan cuatro (4) escenarios que varían dependiendo de dos (2) variables identificadas dentro de las Rondas, arrojando como resultado las posibles características de cada escenario. Estas características tienen en cuenta principalmente el tema tecnológico, pues el ambiental y regulatorio es tratado en otros documentos de investigación. Sin embargo se integra lo relacionado con el sector público, empresarial y los intereses de cada sector en cuanto a productos

La cuarta y última fase de la VT es la difusión de resultados obtenidos del desarrollo de la VT en EVs. Para este fin se tienen dos actividades; la primera consta de la materialización de un documento donde se presentan Este documento, junto con presentaciones a interesados en el tema, hacen parte de esta última fase del desarrollo de la VT en EVs.

Como propuesta en este documento se plantea la ejecución La propuesta de transferencia tecnológica, hace parte de la propuesta de difusión de los temas relacionados, la cual es clave para la industrialización y el desarrollo económico del país. La transferencia de tecnología ha introducido técnicas de alta productividad y en muchos casos cambios técnicos en países menos desarrollados que Colombia. La adquisición de tecnología foránea contribuye a mejorar la competitividad en los mercados locales e internacionales en estos países y se debe considerar como un proceso significativo.

La propuesta enfocada a los EVs fue realizada teniendo en cuenta las etapas formuladas por Cohen [8], las cuales han sido implementadas en varios proyectos hasta la fecha. Esta metodología se basa en entender, asimilar, aplicar y desarrollar la tecnología. Posteriormente este conocimiento se debe difundir entre los interesados en el tema mediante los canales pertinentes.

# 1. ESTADO DEL ARTE

## 1.1 Vigilancia Tecnológica

Los conceptos sobre VT trabajan bajo el mismo lineamiento, la variación se presenta por el aporte del autor y la implementación que éste aplicó. En una breve síntesis a continuación se exponen algunos de las definiciones trabajadas.

### 1.1.1 Definiciones y Conceptos sobre VT

En 1987 **Dussauge y Ramanantsoa** definen el concepto de la VT como "La identificación de las tecnologías más interesantes y la decisión de desarrollar competencias tecnológicas, exigen la disponibilidad de una información exhaustiva acerca del entorno tecnológico de la empresa. Las principales fuentes de información que pueden alimentar la función de vigilancia tecnológica son: los contactos directos personales con los competidores, proveedores, centros de investigación, universidades, etc., la participación en coloquios, congresos y otras manifestaciones científicas, las revistas especializadas, las patentes como sistemas de información ya que reflejan cuales son las grandes tendencias tecnológicas las bases de datos" [9].

Por otro lado en 1992 **Jakobiak** explica el concepto como: "La vigilancia tecnológica consiste en la observación y en el análisis del entorno científico, tecnológico y de los impactos económicos presentes y futuros para identificar las amenazas y oportunidades de desarrollo" y en 1994 **Lesca** añade a las definiciones planteadas; "La vigilancia tecnológica incluye los esfuerzos que la empresa dedica, los medios de que se dota y las disposiciones que toma con el objetivo de conocer todas las evoluciones y novedades que se producen en los dominios de las técnicas que le conciernen actualmente o son susceptibles de afectarle en el futuro" [9].

Martinet y Marti exponen en 1995; "La vigilancia tecnológica permite a la empresa determinar los sectores de donde vendrán las mayores innovaciones tanto para los procesos como para los productos que tienen incidencia en la empresa". Mientras que en 1996 Rouach la define como "El arte de descubrir, recolectar, tratar, almacenar informaciones y señales pertinentes, débiles y fuertes que permitirán orientar el futuro y proteger el presente y el futuro de los ataques de la competencia" [9].

En el documento "**Competitive Intelligence**"<sup>6</sup> Mignogn expone la Inteligencia o Vigilancia Tecnológica como un proceso, y a la vez el resultado de implementar el mismo, que utiliza fuentes públicas de información para desarrollar conocimiento acerca de los competidores, del mercado y del ambiente del negocio en general [10].

Finalmente para estandarizar el concepto, mediante la norma UNE 166006:2006 se define la Vigilancia Tecnológica como el "proceso organizado, selectivo y permanente de captar información del exterior y de la propia organización sobre ciencia y tecnología, seleccionarla, analizarla, difundirla y comunicarla, para convertirla en conocimiento para tomar decisiones con menor riesgo y poder anticiparse a los cambios" [11].

### 1.1.2 Metodologías de Vigilancia Tecnológica

Cada uno de los actores que define y expone el concepto de VT, presenta una metodología de acuerdo a su implementación. Entre las más representativas se encuentra la de Mignogn, Sánchez y Palop y Patricio Morcillo.

La metodología implementada por Mignogn (Figura 1-1), muestra cómo un grupo de expertos puede tomar decisiones sobre la dirección que debe seguir el negocio, basado en los estudios de investigación de mercados y proponiendo sus ideas de buscar información adecuada y fiable para analizarla.

---

<sup>6</sup> [10] R. P. Mignogna. (1997). *Competitive Intelligence*. Available: <http://www.chewy.gatech.edu/t2s/index/html>

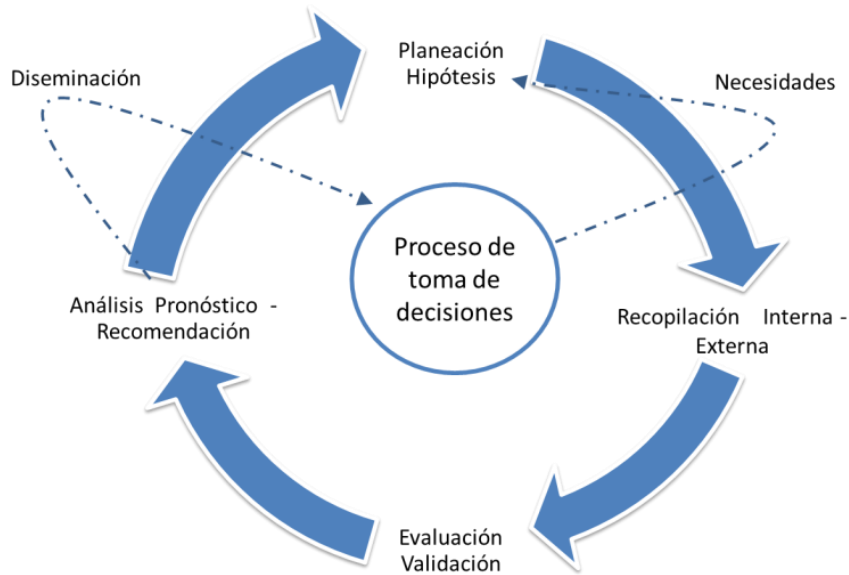


Figura 1-1. Proceso de la Inteligencia Competitiva y Tecnológica [12]

Por otro lado, la metodología presentada por Sánchez y Palop, esquematizada en la Figura 1-2, explica la transversalidad que implica distintas responsabilidades y tareas a los integrantes de la organización e incluso a su área de influencia.



Figura 1-2. Ciclo de la Inteligencia Competitiva o Vigilancia Tecnológica [13]

Otra metodología, estructurada según el enfoque de procesos<sup>7</sup> y el ciclo PDCA<sup>8</sup> de Shewhart<sup>9</sup> utiliza la vigilancia de indicadores de ciencia y tecnología como elementos de entrada para la evaluación integrada de la innovación, las tecnologías y las competencias en organizaciones. Esto permite a la organización la toma de decisiones estratégicas respecto a la innovación y su desarrollo tecnológico a partir de una vigilancia sistemática del entorno externo para los indicadores de ciencia y tecnología y por sector. El mapa de procesos de la metodología se muestra en la Figura 1-3.

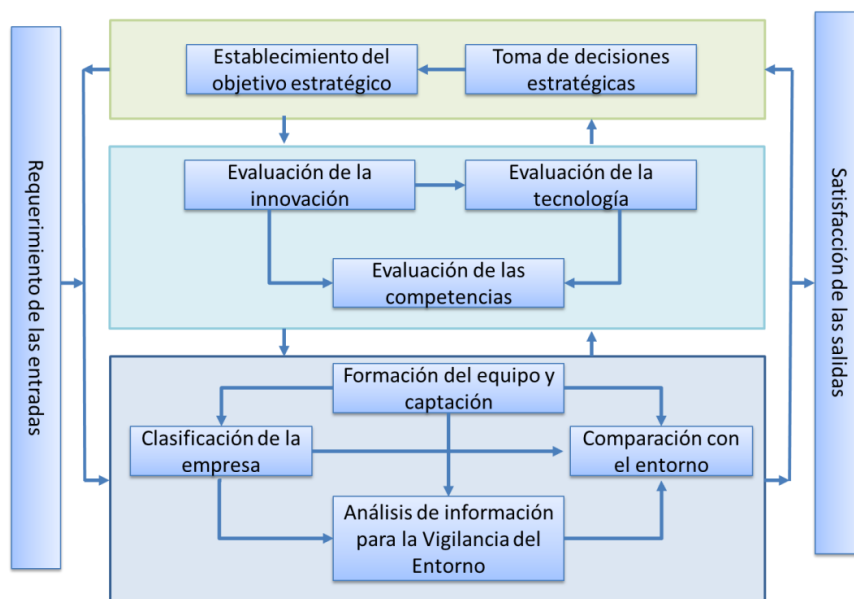


Figura 1-3. Metodología Integrada de Evaluación de la Innovación, tecnologías y competencias [14]

Basado en las primeras definiciones sobre el tema, Patricio Morcillo en el 2003 diseña un proceso de la Inteligencia Competitiva estructura de acuerdo a las fases sucesivas que se muestran en la Figura 1-4. En síntesis este proceso muestra la obtención, el análisis, la validación y la difusión de la información de valor estratégico sobre la organización. Esta información es transmitida a los responsables de la organización para la toma de

<sup>7</sup> Del Aseguramiento a la Gestión de la Calidad: el enfoque basado en procesos. Agencia Española de Normalización, AENOR. ISBN: 84-8143-240-7, España

<sup>8</sup> El ciclo PDCA indica: Planificar-Hacer-Verificar y Actuar [14] M. D. Fernández, J. L. P. Mejías, F. M. S. Cabrera, and R. d. C. B. Barrera, "Evaluación integrada de la innovación, la tecnología y las competencias en la empresa," *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología*, vol. 47, p. 14, 14 de Junio 2008.

<sup>9</sup> Dover [15] W. A. Shewhart, *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. New York, 1986.

decisiones, partiendo fundamentalmente de la identificación del problema, determinando los objetivos de vigilancia, que conllevan a la determinación de las fuentes de información para poder captarla.

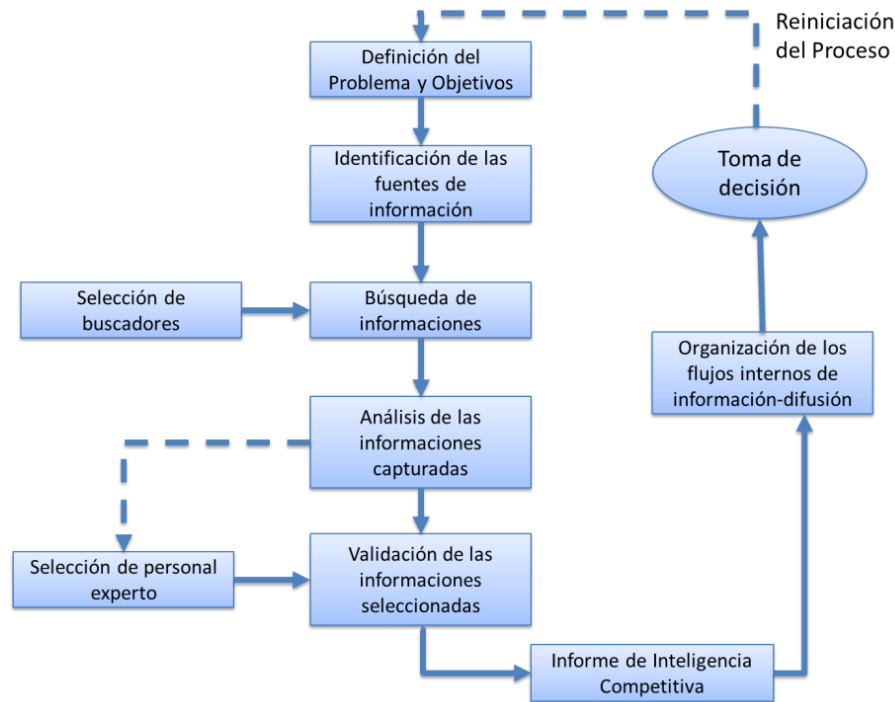


Figura 1-4. El Proceso de Inteligencia Competitiva [9]

Las metodologías expuestas por cada autor se resumen en forma comparativa en la Tabla 1-1. En ésta se puede observar que a pesar de cada uno aporta un concepto o inclinación a su definición, los lineamientos de las metodologías son similares para todos los casos.

Tabla 1-1. Procesos de Vigilancia Tecnológica de Metodologías [16]

Morcillo 2003	Mignogn 1997	Sánchez y Palop 2002	Porter et al. (2005,2009)	Nossella et al. 2009	Vázquez 2009
Problema y objetivos	Planea e hipótesis	Planea/Identifica necesidades FCV	Define FCV Identifica recurso información /Define plan de VT		Identifica problemas, factores críticos competitivos y tecnológicos
Fuentes de información	Recopilación interna-externa	Búsqueda y Captura	Búsqueda y Captación	Colección de datos	Identifica/ selecciona información /Busca información
Búsqueda información					
Análisis de información	Evaluación/ Validación	Analiza y organiza/ Trata y Almacena	Tratamiento y Análisis	Análisis de datos	Analiza información
Valida información					

Morcillo 2003	Mignogn 1997	Sánchez y Palop 2002	Porter et al. (2005,2009)	Nossella et al. 2009	Vázquez 2009
Informe de inteligencia		Inteligencia/ estrategia	Valida/Explota	Organiza/Propósito/Implementa	Inteligencia Competitiva
Organiza Información, difunde	Diseminación	Comunica a directivos, difunde/ transfiere conocimiento		Difunde la información	Distribuye resultados
Toma de decisión	Toma de decisión				

### 1.1.3 Estudios Aplicando VT

Los trabajos elaborados bajo la metodología de VT en Colombia han sido varios y en diversas áreas del saber. Muchos de estos bajo la autoría de industria privada donde los resultados son difundidos entre las entidades promotoras. El proceso de difusión se hace a nivel interno, por lo que se dificulta la consulta para actividades similares. Un listado de algunos de los trabajos aplicando la metodología de VT, se muestran en la Anexo A.

En EVs en el 2011 el CIDEI realizó el Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Vehículos Eléctricos de Transporte Personal [2] bajo la metodología de la Norma UNE 166006:2006.

Bajo la misma metodología, en España se ha trabajado VT en EVs sin especificar el tipo de uso. Esta entidad ha designado trimestralmente un informe donde publica las patentes de los productos relacionados con el tema. Estos boletines se centran en las tecnologías de almacenamiento e infraestructura, al haber sido identificados como elementos clave en el desarrollo futuro del vehículo eléctrico, descartando desarrollos relacionados con pila de combustible. Dentro de las tecnologías de almacenamiento, las baterías son las de mayor relevancia, si bien se han incluido también referencias relacionadas con supercondensadores y sistemas de recuperación de energía [17].

## 1.2 Prospectiva Tecnológica

La Prospectiva Tecnológica –PT– se centra en la investigación de nuevas tendencias y otras que pudieran surgir de la combinación de factores sociales, políticos nacionales y descubrimientos científicos [18] [19].

Las técnicas específicas de prospectiva se dividen principalmente en dos categorías: las *exploratorias* y las *normativas* [18]. Las primeras se centran en el análisis comparativo dentro de un marco temporal de datos históricos, parámetros técnicos y el resultado económico, este permite generar curvas o modelos a partir de estos datos.

Las técnicas normativas empiezan proponiendo el estado deseado o posible, se trabaja de manera contraria a las específicas para determinar los pasos necesarios, y de este modo conseguir el resultado requerido. El número de posibilidades de desarrollo desde la posición actual hasta lo deseado puede variar desde “ninguno” (tecnología totalmente nueva), hasta “varios”. Cada posibilidad se analiza por su relevancia y dificultad [18].

Los métodos para hacer este tipo de pronósticos se pueden resumir en tres (3): los *extrapolativos*, basados en la extrapolación de variables medidas cuantitativamente que se encuentran disponibles en series históricas relativamente largas y consistentes; los métodos *explicativos*, que intentan construir modelos analíticos que vinculen variables dependientes e independientes a partir del establecimiento de relaciones de incidencia; y los métodos llamados “*subjetivos*”, que recogen la opinión de personas especialmente elegidas en función de su experiencia, habilidades o conocimientos en el tema de interés.

Este último es implementado en las Rondas Delphi, desarrollada por Rand Corporation aproximadamente hacia el año 1964 [20]. El método de las Rondas Delphi se constituye en una de las formas más asentadas para la realización de PT. Se basa en la consulta a una serie de expertos que expresan sus opiniones en torno a un tema. La opinión, anónima en la primera ronda, es a partir de sus conocimientos y conceptos.

### **1.2.1 Rondas Delphi**

Las Rondas Delphi es un proceso repetitivo basado en la elaboración de cuestionarios dirigidos a expertos. Cada vez que se recibe la respuesta de este grupo selecto, se procesa la información y se vuelve a estructurar otro cuestionario enfocando a las preguntas inconclusas o que muestran divergencia entre los resultados [20].

Los principales pasos para la ejecución se describen a continuación [20-22]:

1. Formulación del problema o problemática a tratar
2. Elección de expertos que abarquen el PESCATO
3. Elaboración y divulgación de cuestionarios
4. Desarrollo, análisis y explotación de resultados

### **1.2.2 Lineamientos Metodológicos para el Análisis de PT**

Mediante la metodología de las Rondas Delphi se pueden construir escenarios objetivos y abarcar las opiniones de un número de expertos. Estos deben puntualizar los temas de mayor interés que surgieron de actividades anteriores como: la Vigilancia Tecnológica o de una Ronda Delphi anterior. El esquema general empleado para esta metodología se sintetiza en la Figura 1-5.

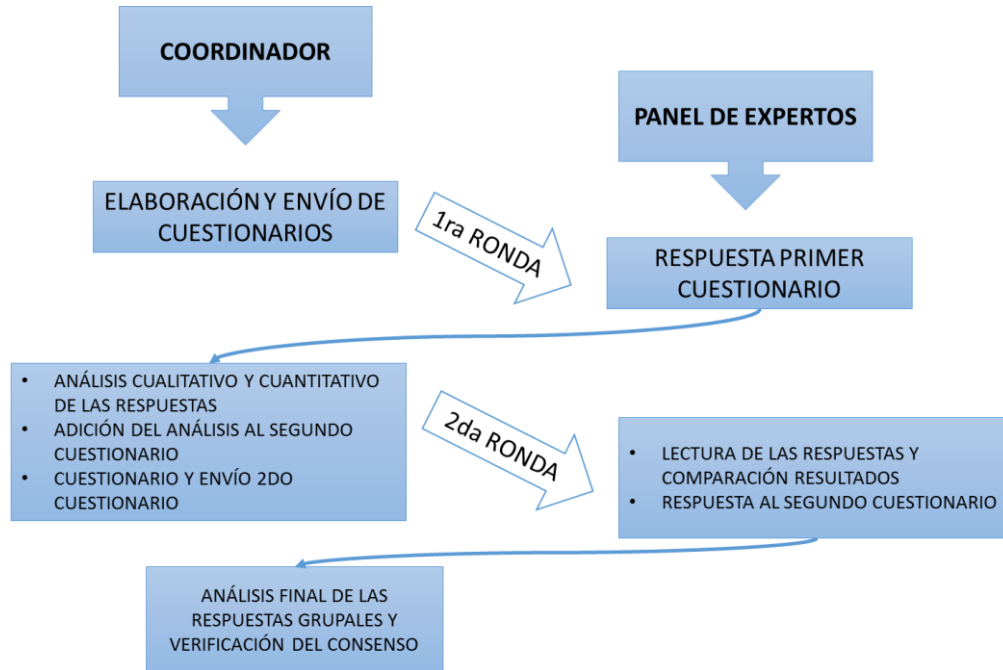


Figura 1-5. Esquema general de un estudio de PT con el Método Delphi

Estos planteamientos deben retroalimentar el diseño inicial de la encuesta que se realizó teniendo en cuenta los resultados de la etapa de vigilancia tecnológica y las temáticas de interés para el estudio.

### 1.2.3 Elección de Expertos

El aspecto clave para el buen desarrollo de las Rondas Delphi se encuentra en el conocimiento y cooperación de los expertos. Este selecto grupo de actores deben ser capaces de emitir un juicio sustentado acerca de los EVs en Colombia. Los expertos e instituciones seleccionadas abarcaron áreas como Política, Economía, Social, Cultural, Ambiental, Tecnológica y Organizacional (**PESCATO**). Con base en esto algunos criterios para la selección fueron los siguientes:

- Grupos de investigación registrados en Colciencias que tengan pertinencia con los EVs
- Empresas en Colombia vinculadas con EVs y las tecnologías periféricas relacionadas

- Entidades públicas (ministerios y entidades estatales, organizaciones no gubernamentales, asociaciones de usuarios etc.) que tengan relación con la temática trabajada

### **1.2.3.1 Planteamiento de Escenarios**

La construcción de escenarios no implica anticipar el futuro, porque no existen estadísticas sobre el futuro. Los escenarios permiten reducir las incertidumbres que éste involucra. El propósito no es saber lo que va a suceder, sino saber qué diferencia habrá en la tecnología si el futuro va a ser de una forma o de otra [23].

Un escenario se puede definir como una modelización de una situación futura esperada [24]. Debido a lo anterior existen 3 tipos de escenarios de acuerdo a su descripción.

#### **1.2.3.1.1 Tipos de Escenarios**

- Tendenciales: Este escenario es el que tiende a acontecer. Sale de la evolución futura con base en proyecciones de tendencias históricas [25, 26].
- Normativos (optimistas, pesimistas): este escenario es el que debe acontecer. Las potencialidades deseables [25, 26].
- Exploratorios: Este escenario es el que puede acontecer. Posibilidad de futuros alternativos [25, 26].

### **1.2.4 Descripción para el desarrollo de escenarios**

La metodología para el desarrollo de los posibles escenarios se describe en los siguientes cinco (5) pasos [27, 28].

1. **Identificación de la situación o diagnóstico problematizado:** se describe la situación presente, lo que implica también un diagnóstico problematizado, es decir, un análisis de los principales problemas existentes en el presente, priorizados según su urgencia.

2. **Descripción de la trayectoria futura más estimable y las posibles acciones:** se describe el comportamiento en el tiempo de cada una de las variables claves seleccionadas, según si el tipo de escenario selección si es tendencial, normativo o explorativo.
3. **Aproximación de las situaciones o riesgos de azar que pueden manifestarse:** se presenta una descripción de los factores de azar e inestimables que pueden intervenir en la trayectoria del escenario y modificarla.
4. **Definición del horizonte de tiempo:** se define el período temporal que se supone existe entre la situación de base y la situación de llegada.
5. **Descripción de la situación futura:** se describen los mismos factores y variables claves seleccionados en la situación de partida o de base, a fin de dimensionar la naturaleza del cambio experimentado por cada una de ellas, así como su interrelación e interdependencia.

### **1.3 Transferencia Tecnológica**

La Transferencia Tecnológica es una manera beneficiosa en donde los países pueden mejorar su desarrollo y alcanzar mejores niveles de vida, es por esto que es un proceso dinámico que debe ser re-evaluado periódicamente. Su objetivo es impulsar el desarrollo y crecimiento de los diversos sectores de la sociedad mediante el acceso al conocimiento y experiencia de los grupos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico [8, 29].

#### **1.3.1 Definiciones de Transferencia**

James Alvin *Jolly* define la Transferencia tecnológica como un nuevo método, medio o capacidad del individuo para realizar una determinada actividad. Ésta incluye la difusión de conocimiento científico y la preocupación por la transformación del conocimiento en innovaciones útiles [8].

Por otro lado Mayuri Odedra expone el concepto de la Transferencia Tecnológica como el problema de transferencia de conocimiento (o know-how) sobre cómo funciona un

determinado sistema, como operarlo y desarrollar sus aplicaciones, como mantenerlo y si es necesario, como producir sus componentes y montar un sistema similar [8].

### **1.3.2 Metodología para la Transferencia Tecnológica**

Al igual que en muchos de los trabajos sobre transferencia tecnológica, éste se plantea como lo formula Cohen [8]. La metodología se basa en las etapas consecutivas de entender, asimilar, aplicar y desarrollar la tecnología; finalmente difundir el conocimiento generado a los interesados en el tema.

### **1.3.3 Tipos de Transferencia Tecnológica**

La transferencia tecnológica se clasifica en transferencia material, transferencia de diseño y transferencia de conocimientos [30]:

- Transferencia material: Artefactos tecnológicos, materiales, productos finales, componentes y equipos.
- Transferencia de diseño: Diseños, proyectos y know-how para fabricar productos diseñados previamente (los productos son copiados para producirlos localmente).
- Transferencia de capacidades: Proporciona know-how y software no solo para fabricar componentes existentes, sino para innovar y adaptar tecnologías existentes para producir nuevos productos; y transferencia de material, diseño y capacidades.

### **1.3.4 Canales para la Transferencia de Tecnología**

Los canales para la transferencia tecnológica pueden ser Formales o Informales, la diferencia entre ellos son los acuerdos entre las partes. Los primeros tienen mayor control por lo que se es claro el canal de transferencia, mientras que los informales no son fáciles de detectar, por ejemplo las conferencias de ciencia y tecnología, ferias y exposiciones, educación y entrenamiento realizado por extranjeros, visitas comerciales, literatura abierta (artículos, revistas, libros técnicos), entre otros [8].

Dependiendo de la naturaleza de la empresa donde provengan los recursos para la transferencia el canal se puede catalogar como *Abiertos* o *Cerrados*. En los *Abiertos* se consideran bienes públicos, mientras en los *Cerrados* la tecnología y el conocimiento se genera para fines privados. La utilización de este conocimiento está sometida a acuerdos comerciales, no es posible entender las bases de la tecnología, por lo que no se pueden generar productos derivados [8].

### **1.3.5 Recomendaciones para Desarrollar una Transferencia de Tecnológica**

Para el desarrollo de una buena metodología de transferencia tecnológica es necesario fomentar la creación de empresas, promocionar la transferencia tecnológica, promover la excelencia académica, promover la relación Universidad – Empresa, y tener alianzas para obtener y compartir recursos.

## **1.4 Vehículos Eléctricos**

Los primeros vehículos eléctricos aparecen a mediados del siglo XIX. Estos tuvieron auge por su costo, fiabilidad, suavidad de marcha, bajo nivel de ruido y la autonomía era razonable para la época. La entrada en masa de los vehículos de combustión de Ford disminuye el favoritismo de los usuarios por los EVs [31].

Los diseños actuales de los EVs están encaminados a reducir parcial o totalmente la participación del motor de combustión como fuente de energía [32]. Entre los componentes de los vehículos híbridos y de los vehículos eléctricos figuran una batería que almacene la energía, un motor eléctrico de propulsión, un generador, una transmisión mecánica y un sistema de control.

Las alternativas para recargar las baterías son: la red eléctrica, por recuperación de energía de frenado principalmente. Pensando en un futuro que se recarguen por medio de paneles solares u otro tipo de energía alternativa [32].

### 1.4.1 Tipo de EVs

La clasificación de los EVs se ha realizado de acuerdo al tipo de funcionamiento pues éstos se propulsan total o parcialmente por un motor eléctrico alimentado por una batería. De lo anterior los siguientes son los tipos de EVs [32]:

- **Vehículo Híbrido “Ligero”:** En este tipo de vehículos el motor deja de funcionar cuando el vehículo se detiene y provee energía adicional cuando se acelera [32].
- **Vehículo Híbrido (HEV):** Usan únicamente como fuente energética el combustible y no permite la carga de la batería mediante una fuente exterior de electricidad. A diferencia del vehículo eléctrico puro (BEV), su batería no tiene como misión la de almacenar una gran cantidad de energía, sino que está, en todo momento, interviniendo en ciclos de carga y descarga.

La batería se puede recargar mediante el motor de gasolina y el frenado regenerativo. El frenado regenerativo obtiene la energía cinética para cargar las baterías cuando el conductor presiona el freno [32].

Los vehículos híbridos, se diferencian de los híbridos ligeros, en que tienen la capacidad de activar el funcionamiento eléctrico de forma voluntaria.

- **Vehículo Híbrido Enchufable (PHEV):** Los PHEV combinan un motor de combustión interna con una batería y un motor eléctrico. Las fuentes de energía exteriores son los combustibles fósiles, que permiten mover el motor térmico y la energía eléctrica que permite recargar la batería [32].
- **Vehículo Eléctrico de Batería o Vehículo Eléctrico Puro (BEV):** Estos vehículos están propulsados únicamente por un motor eléctrico. La fuente de energía proviene de la electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de la red. Lo anterior requiere que la batería sea mayor que para los PHEV [32].

### 1.4.2 Infraestructura de Recarga

Para la buena implementación de los EVs se requiere de una infraestructura de recarga que satisfaga la demanda que se genere en el proceso. Esta infraestructura debe ser fiable,

accesible y estándar para todo tipo de vehículo. La categorización de los puntos de recarga son principalmente dos (2), mientras los tipos de recarga sí dependen del tipo de infraestructura y del vehículo.

### **1.4.2.1 Puntos de Recarga**

En cada país donde se están implementando los EVs, se tienen algunos puntos de recarga identificados de acuerdo al tipo de usuario. Algunos de los cuales se exponen a continuación [32, 33]:

#### **1.4.2.1.1 Público**

- Estaciones de servicios de recarga ubicadas en vías públicas primarias y/o secundarias
- Vías intermunicipales
- Parqueaderos públicos y privados, y de centros comerciales

#### **1.4.2.1.2 Privado**

- Parqueaderos de las zonas residenciales
- Garajes o parqueaderos privados para flotas de vehículos. Esta última es más para los puntos de estacionamiento de vehículos públicos masivos

### **1.4.2.2 Tipos de Recarga**

En la actualidad hay varios tipos de recarga que dependen de la infraestructura y del tipo de Vehículo [32, 33].

- **Carga Lenta:** es la más estandarizada y todos los fabricantes de vehículos eléctricos la aceptan. Se suele realizar con corriente alterna monofásica a una tensión de 230 V y una intensidad de hasta 16 A. El tiempo necesario para una recarga completa de la batería (tipo 24kWh) está entre las 6 y 8 horas. Es apto para garajes privados, ya que es la misma tensión y corriente que la doméstica [32].
- **Carga semi-Rápida:** sólo la aceptan algunos vehículos, aunque es previsible que en fechas próximas sea un tipo de recarga bastante común. La carga se realiza con

corriente alterna trifásica, con una tensión de 400V y una intensidad de hasta 64A. En este caso, el tiempo de recarga se reduce a 3 ó 4 horas [32].

- **Carga Rápida:** Consiste en alimentar al vehículo con corriente continua a 400V y hasta 400A. El tiempo de recarga se reduce a unos 15 - 30 minutos [32].

### 1.4.3 Baterías para EVs

La batería es el dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos [34]. El funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en un proceso reversible llamado reducción-oxidación (también conocida como redox). Se trata de un proceso en el cual uno de los componentes se oxida (pierde electrones) y el otro se reduce (gana electrones) es decir, un proceso cuyos componentes que no resulten consumidos no se pierden, sino que solamente cambian su estado de oxidación, y que a su vez pueden retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas [35].

Las principales características de las baterías son las siguientes:

- Fuerza electromotriz (f.e.m) o voltaje
- Capacidad total
- Energía total
- Ciclos de vida
- Profundidad de descarga
- Rendimiento

Las características anteriormente nombradas son las más estudiadas referente a las baterías en general. Sin embargo uno de los temas más consultados en cuanto a las baterías de los EVs es la autonomía. En la Tabla 1-2 se presenta algunas de vehículos en el mercado [35].

Tabla 1-2. Autonomía de Diferentes Modelos Eléctricos [35]

Modelo	Autonomía (kWh)	Autonomía (km)	kWh Batería/ 100km
Reva L-ion	11	120	9,17
Think City	25	200	12,5

Modelo	Autonomía (kWh)	Autonomía (km)	kWh Batería/100km
Mitsubishi i-Miev	16	130	12,31
Citröen C-Zero	16	130	12,31
Renault FluenceZE	22	160	13,75
Nissan Leaf	24	160	15
Tesla Roadster 42	42	257	16,34
Tesla Roadster 70	70	483	14,49
MEDIA	28,25	205	13,23

#### 1.4.4 Tipo de Batería empleadas en EVs

El tipo de baterías desarrolladas para la implementación de los EVs son principalmente tres (3) [36]:

- **Baterías de Plomo – Ácido:** La mayoría de los EVs han utilizado baterías de plomo-ácido, debido a su tecnología madura, de alta disponibilidad y bajo costo [32].
- **Baterías de Níquel - Hidruro metálico:** Se consideran la evolución de las baterías alcalinas de níquel-cadmio. Este tipo de baterías se emplea en los vehículos eléctricos híbridos, como en el caso de la marca Toyota [32].
- **Baterías de Ión Litio:** Este tipo de baterías es ampliamente conocido por su uso en equipos electrónicos. El ión-litio predomina en los nuevos desarrollos de vehículos eléctricos debido a sus elevadas prestaciones, de hecho, se espera que sea la tecnología más extendida en el futuro [32].

Dependiendo de la combinación de materiales que se empleen en el cátodo y ánodo, aparecen distintos tipos de baterías ión litio descritas en la Tabla 1-3 [36].

Tabla 1-3. Tipos de batería Ión – Litio [36]

Chemistry Anode/Cathode	Cell voltage Max/nom	Ah/gm Anode/Cathode	Energy density Wh/kg	Cycle life (deep)	Thermal Stability
Graphite/NiCoMnO2	4.2/3.6	0.36/0.18	100-170	2000-3000	Fairly stable
Graphite/Mn spinel	4.0/3.6	0.36/0.11	100-120	1000	Fairly stable

Graphite/NiCoAlO2	4.2/3.6	0.36/0.18	100-150	2000-3000	Least stable
Graphite/Iron phosphate	3.65/3.25	0.36/0.16	90-115	>3000	stable
Lithium titanate/ Mn spinel	2.8/2.4	0.18/0.11	60-75	>5000	Most stable

En la actualidad se espera que en el campo de las baterías de EVs ocurra lo mismo que con los equipos electrónicos pequeños donde el desarrollo las baterías de litio sustituya los otros tipos de baterías. En la Figura 1-6 se muestra la relación entre la energía específica volumétrica y la energía específica másica de los tres (3) tipos de baterías implementadas en EVs, en ésta se hace evidente el desarrollo de las baterías de ion, las cuales serán tenidas en cuenta durante la consulta de VT.

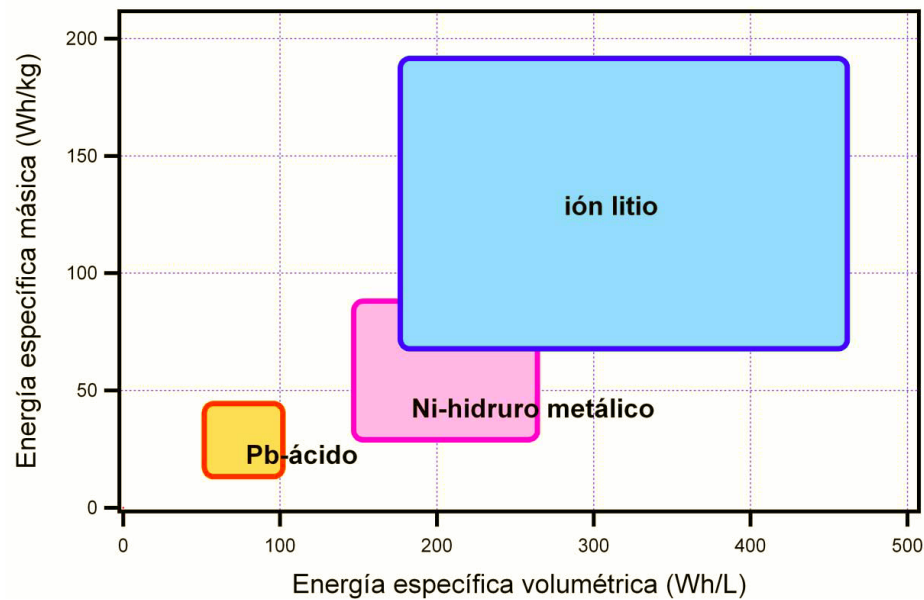


Figura 1-6. Comparación de energías específicas de tres tipos de baterías [37]

Los fundamentos establecidos en este capítulo son la base para el desarrollo de la Vigilancia Tecnológica y la Prospectiva Tecnológica aplicada a Vehículos Eléctricos y Tecnologías Periféricas. El desarrollo se hace dentro del marco del sistema de movilidad eléctrica, dirigida a vehículos eléctricos, vehículos híbridos, vehículos eléctricos puros y

vehículos híbridos enchufables, de uso particular urbano y público liviano y masivo dentro de la ventana de tiempo de 5 años hasta diciembre de 2012.

## 2. METODOLOGÍA VT APLICADA A EVS

Partiendo de la revisión bibliográfica del capítulo anterior se plantea la metodología para el desarrollo de la Vigilancia Tecnológica y Prospectiva Tecnológica en Vehículos Eléctricos para Colombia. Esta metodología se estructura en base a lo expuesto por Patricio Morcillo en su Inteligencia Competitiva. Como parte de la metodología se presentan tareas como definición del problema, identificación de las fuentes de información, búsqueda, análisis y validación de la misma. En síntesis el ciclo implementado para este estudio se divide en cuatro (4) grandes fases: **definición de la temática e identificación de las fuentes de información, búsqueda de la información y análisis de la misma, validación de la información y difusión.**

En la Figura 2-1 se muestra el ciclo planteado para la realización del estudio, asimismo en este capítulo en este capítulo se describen las fases de la metodología.

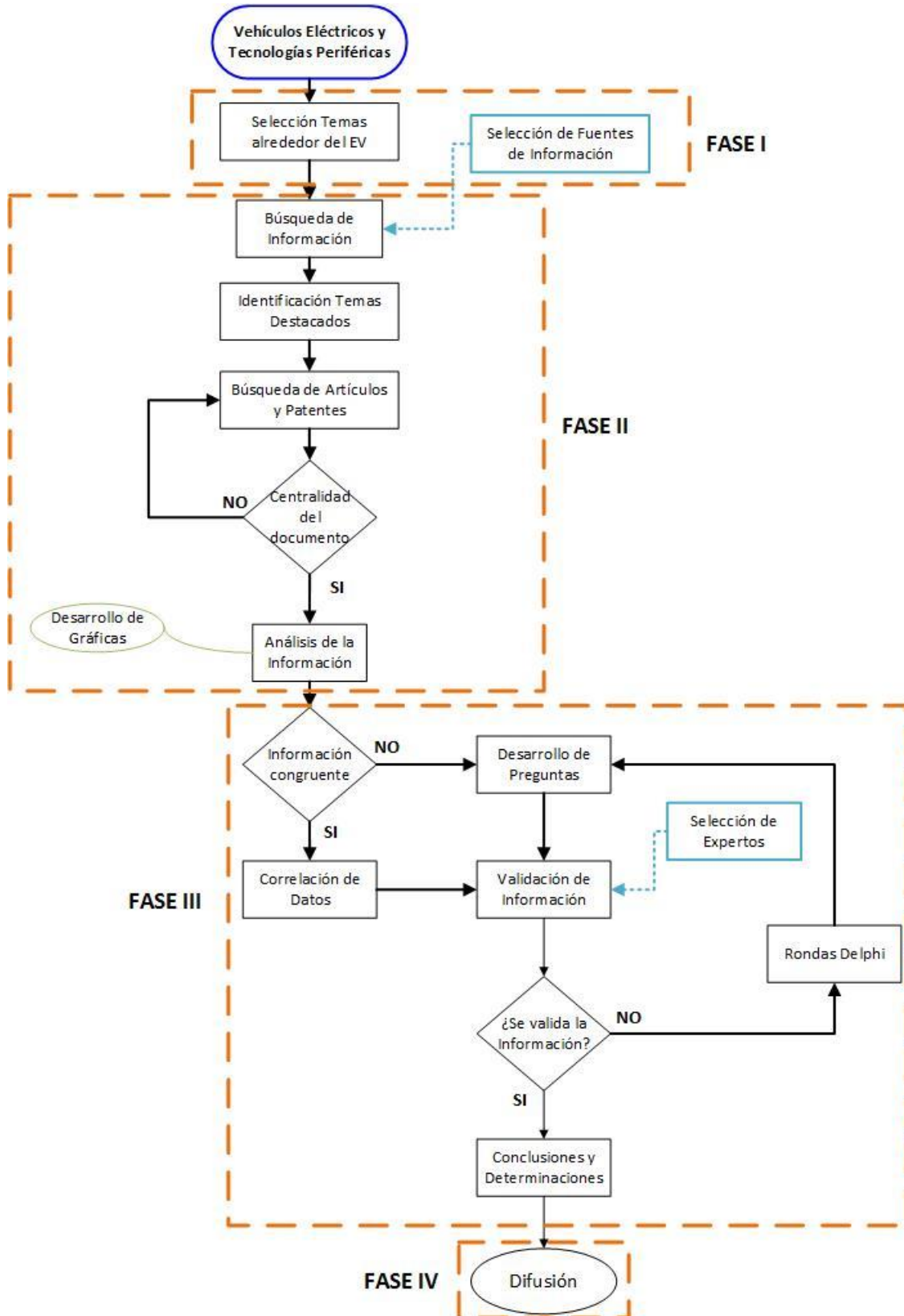


Figura 2-1. Metodología VT para EVs

## **2.1 FASE I: Definición de la temática e Identificación de las fuentes de información (Selección de Temas Relevantes)**

La primera fase de la metodología consiste en la definición de la temática, para lo cual se identifican los temas concernientes los cuales son relacionados a palabras claves. Estas palabras se organizan y agrupan de manera que agilicen la búsqueda. Por otro lado se identifican las fuentes de información indicadas para la búsqueda. Estas fuentes se van identificando a medida que se va realizando la identificación de las palabras claves.

## **2.2 FASE II: Búsqueda y Análisis de la Información**

Con el tema definido la segunda fase de la metodología se basa en la búsqueda y selección de la información importante dentro del proceso. Para ello se identifican las bases de datos y se establecen las ecuaciones de búsqueda.

Los temas relevantes, clasificados mediante palabras claves, se agrupan con el fin de cuantificar los resultados consultados. La agrupación se realiza por similitud en los mismos de forma lógica y organizada tal como se muestra en la tabla del Anexo B.

Posterior a la búsqueda y clasificación se prosigue con el análisis de la información consultada. Para ello se apoya en material gráfico, tablas resumen y otros elementos lúdicos. En esta parte se obtienen tendencias y se identifican otros temas relevantes para el desarrollo de la metodología.

### **2.2.1 Análisis Macroscópico**

Partiendo de las palabras claves se presenta un análisis macroscópico de la información disponible en las bases de datos más relevantes (IEEE, ScienceDirect<sup>10</sup>). En esta primera búsqueda dentro de la ventana de tiempo establecida (2007 – 2012), solo se tuvo en cuenta

---

<sup>10</sup> Los parámetros y formatos de información y de consulta se encuentran descritos en el Anexo B.

el número de publicaciones realizadas por año y los temas que se están investigando en las áreas de interés.

En una nueva clasificación se realiza una selección en cuanto al contenido de cada artículo y patente que se encuentre de acuerdo con los temas priorizados. La centralidad, la profundidad y el detalle con el que trata el tema relacionado son aspectos claves en esta nueva selección de información. La información recolectada se clasifica y se analiza mediante el uso de diagramas estratégicos.

Dentro del proceso se verifica la descripción del tema explicada en los abstracts y resúmenes que presenta la publicación. Mediante este resumen se clasifica la centralidad del tema. Esta clasificación se realiza teniendo en cuenta si el contenido se focaliza o no en la palabra clave catalogada, es decir, clasifica la importancia que tiene esta palabra clave dentro del documento consultado.

### **2.2.2 Diagramas Estratégicos**

Los diagramas estratégicos son una herramienta que permite el análisis de la estructura de las temáticas de un área a partir de su producción documental. Estos diagramas permiten identificar patrones que facilitan el análisis de la información para conocer la evolución de la misma [38].

Los axis de los diagramas estratégicos son la centralidad (eje "X") y la densidad (eje "Y"). Estos diagramas se construyen con la previa selección de los temas clasificados. Es decir, cada documento consultado es clasificado de acuerdo al tema, y éste a su vez es categorizado por su centralidad, llámese centralidad a lo específico que sea el tema.

Los temas de relevancia obtenidos posterior a la clasificación de los artículos científicos son especificados por las categorías priorizadas.

### **2.2.3 Otros Factores de Vigilancia**

Otros de los factores para la vigilancia se determinan mediante las palabras claves y los centros de estudio investigación y desarrollo de tecnología. Estos parámetros son analizados mediante matrices de ocurrencia y coocurrencia en artículos y patentes. Este tipo de matriz permite identificar cuantas veces se repiten las palabras y cuantas de las principales palabras claves se repiten en el mismo artículo o patente. De esta manera predecir o indicar las tendencias relevantes para la vigilancia de acuerdo a los datos obtenidos.

### **2.2.4 Información Ambiental, Social y de Mercado**

Mediante los artículos y publicaciones también se identifican los impactos reconocidos por la incursión de estas nuevas tecnologías. Por otro lado se analiza el mercado debido a que es un factor importante, pues en este se refleja la aceptación o rechazo de la tecnología por parte de la sociedad.

## **2.3 FASE III: Validación de la Información**

La tercera fase es la validación de la información obtenida en la fase de búsqueda. Este proceso se lleva a cabo mediante filtros realizados por un lado por los grupos conocedores de los temas. Estos grupos identifican la información que a su criterio es congruente y a partir de esto la validan o la ponen en consideración para que otros expertos lo acepten o determinen que la información obtenida no es oportuna para el caso.

El segundo filtro se lleva a cabo con los temas que no son pertinentes pero que se consideran apropiados para discutir. Estas discusiones son desarrolladas mediante la metodología de PT. En esta se implementan preguntas más concretas a un grupo selectivo especializado en el tema, y de esta manera validar la información encontrada.

Como desarrollo de la tercera Ronda Delphi y en base a los resultados obtenidos, a las opiniones y conceptos de los expertos, se estructura un planteamiento de escenarios

futuros respecto al tema. Para ello se identifican dos (2) variables que intervengan de manera directa en el tema. Posteriormente se describen características de cada escenario de acuerdo a lo obtenido en la búsqueda de información y de los conceptos de los expertos. Finalmente a partir del análisis y la validación se estructuran las conclusiones y determinaciones en el tema.

## **2.4 FASE IV: Difusión de Resultados**

La cuarta y última fase es la difusión de resultados. Los dos medios implementados para para esta fase son las presentaciones a grupos selectos e interesados en el tema y la presentación de este documento.

Complementado esta fase se realiza una propuesta de transferencia tecnológica como alternativa a una estrategia y mecanismo de difusión de los temas de EVs y tecnologías periféricas.

La transferencia tecnológica es en principio de tipo material para tecnología alrededor de los EVs. De tal manera que cuando se desarrolle esta primera transferencia se debe realizar transferencia de tipo diseño y de capacidades. Esta segunda debe contemplarse para desarrollar la segunda fase.

## **3. RESULTADOS VT Y PT**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos al implementar la metodología de Vigilancia Tecnológica y Prospectiva Tecnológica a Vehículos Eléctricos.

### **3.1 FASE I: Definición de la temática e Identificación de las fuentes de información**

El desarrollo inicia con la consulta y selección de temas relevantes relacionados con los EVs y las Tecnologías Periféricas. Esta primera selección no tuvo ningún tipo de sesgo, por lo que cada tema seleccionado derivaba a su vez otro, o referenciaba a temas de importancia alrededor de los EVs. Por el propio ejercicio de la VT no es posible tener en cuenta en su totalidad todos estos temas ya que lo que se busca es focalizar los de relevancia para que la VT en EVs tenga un buen desarrollo.

En síntesis la consulta preliminar sobre EVs resaltó cuatro (4) temas principales; Aplicaciones de EVs, Tecnologías, Sistemas de Recarga e Impactos de la Implementación. Tal como se había mencionado dentro del grupo de las tecnologías sobresalió la Batería para EVs como tema de importancia dentro del proceso mundial que se viene avanzando. Es de esta manera que se clasificaron los cinco (5) subgrupos identificados en la Figura 3-1. Cada uno de ellos despliega temas relevantes que son analizados en el ámbito científico y de propiedad intelectual.

Posterior a esta clasificación los nuevos temas relevantes que se fueron encontrando durante las consultas, se integraban a los subgrupos previamente determinados. El criterio de clasificación se basó en la similitud del tema o del tema del cual se había derivado.

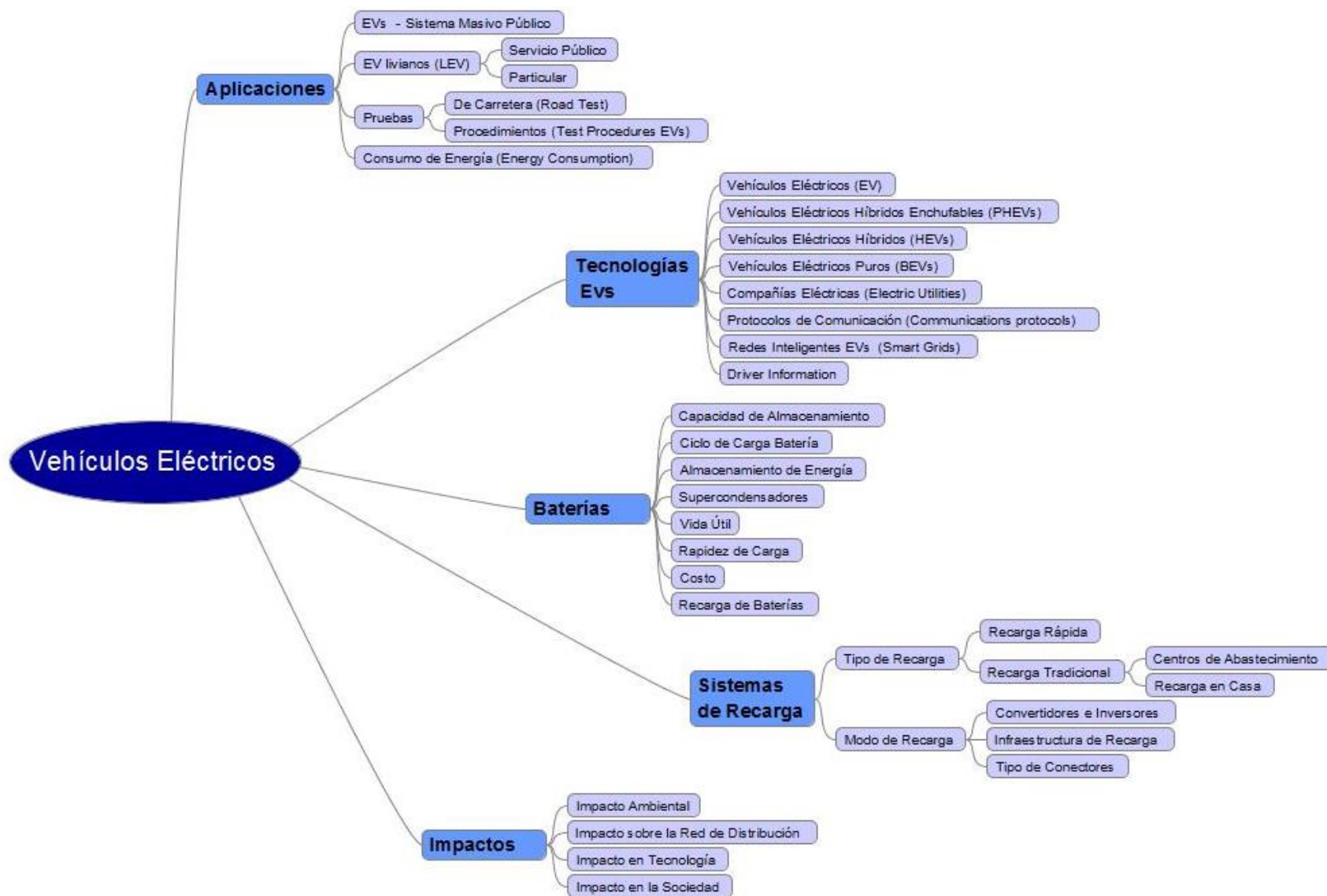


Figura 3-1. Temas priorizados sobre EVs

## 3.2 FASE II: Búsqueda y Análisis de la Información

En la primera búsqueda se identifican temas relacionados con el tipo de tecnología como EVs, PHEVs, HEVs y BEVs. Por otro lado se resaltan los temas alrededor de los sistemas de recarga y especialmente alrededor de las características de las baterías para EVs. Como parte del alcance del trabajo se clasifican otros dos subgrupos: el de las aplicaciones, que incluyen servicio público masivo y liviano y uso particular liviano. El otro subgrupo se relaciona con los impactos que se puedan llegar a presentar por la implementación de los EVs. Para éste último se tomará de referencia los casos internacionales y se subdividirán en Ambiental, Social, Tecnológico y sobre las redes de distribución.

Con la clasificación anterior se obtienen las siguientes ecuaciones de búsqueda.

### 3.2.1 Ecuaciones de Búsqueda

Las ecuaciones de búsqueda que se implementaron para el desarrollo de la metodología se describen a continuación. Éstas se obtuvieron a partir de la selección de las palabras claves identificadas.

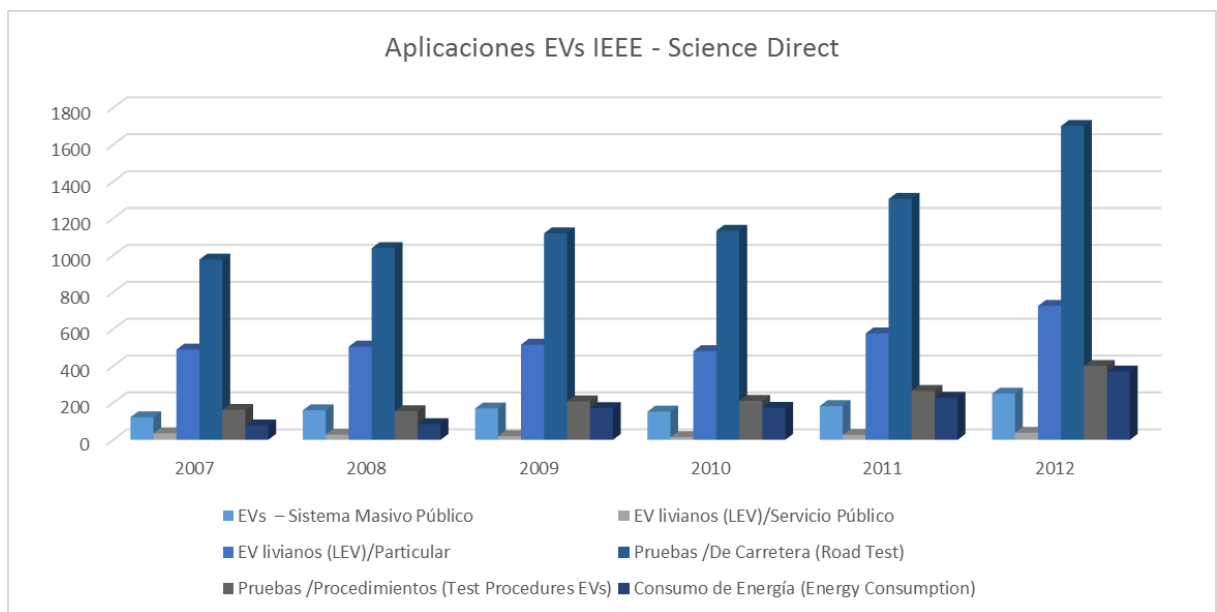
Tabla 3-1. Ecuaciones de Búsqueda EVs y Tecnologías Periféricas

Tema Clasificado	Ecuación de Búsqueda
Tecnologías EVs	=Electrical Vehicle & (duty or (pure & battery) or (plug-in & hybrid))
Aplicaciones	= (Electric buses) or (Light-duty vehicle)
Baterías	= (electrical &vehicle) & (energystorage or (State of charge) or (Life time / battery life) or (Battery cost) or (Battery & duty cycles))

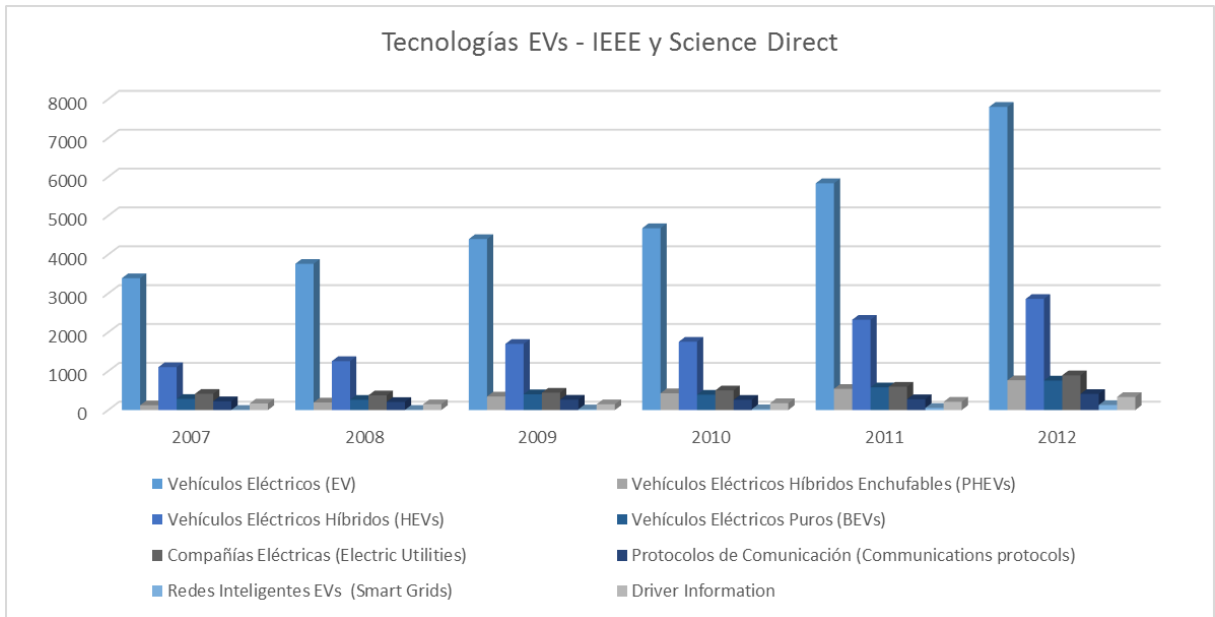
Tema Clasificado	Ecuación de Búsqueda
Sistemas de Recarga	=(electrical vehicle) & ((Plugs & sockets) or (AC & Charging) or (Battery swapping station)) = (electrical & vehicle) &(Recharging infrastructure) & ((Home recharging / plug-capable home) or (Commercial recharging centers) or (Fast Charging Station))

### 3.2.2 Análisis Macroscópico

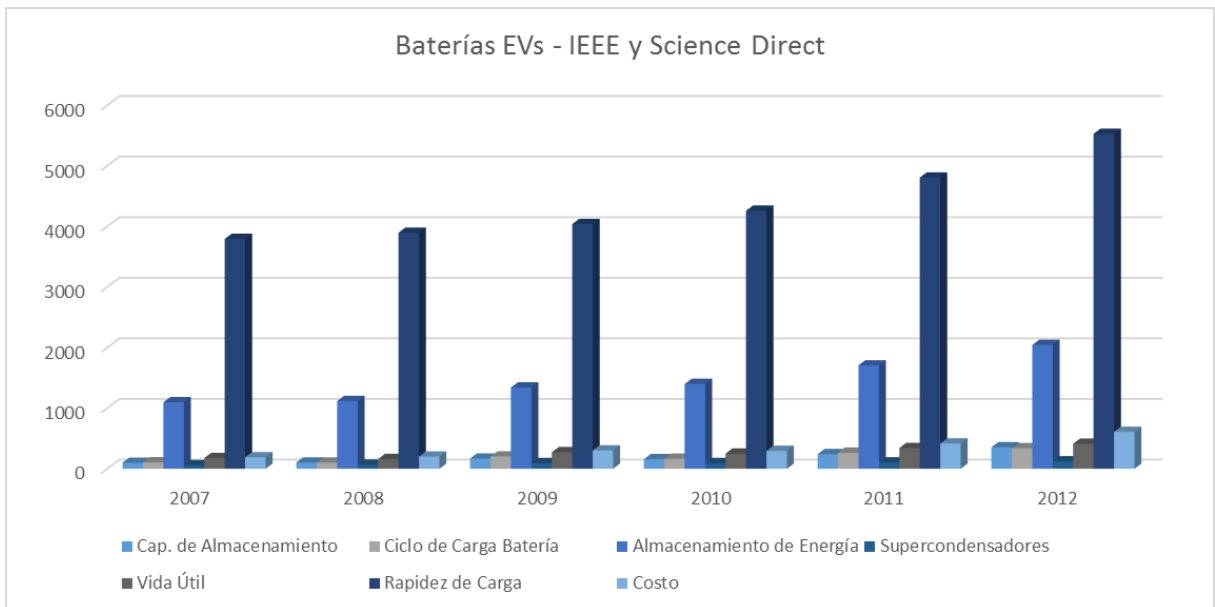
De acuerdo a lo descrito en la metodología los resultados del análisis macroscópico se muestran a continuación: En la Gráfica 3-1 se muestra una visión de lo consultado sobre las Aplicaciones de EVs, en la Gráfica 3-2 el análisis de Tecnologías Periféricas, en la Gráfica 3-3 los resultados de las características de las Baterías y en la Gráfica 3-4 el análisis macroscópico de Sistemas de Recarga. Finalmente la Gráfica 3-5 muestra los resultados respecto a los impactos asociados a los EVs.



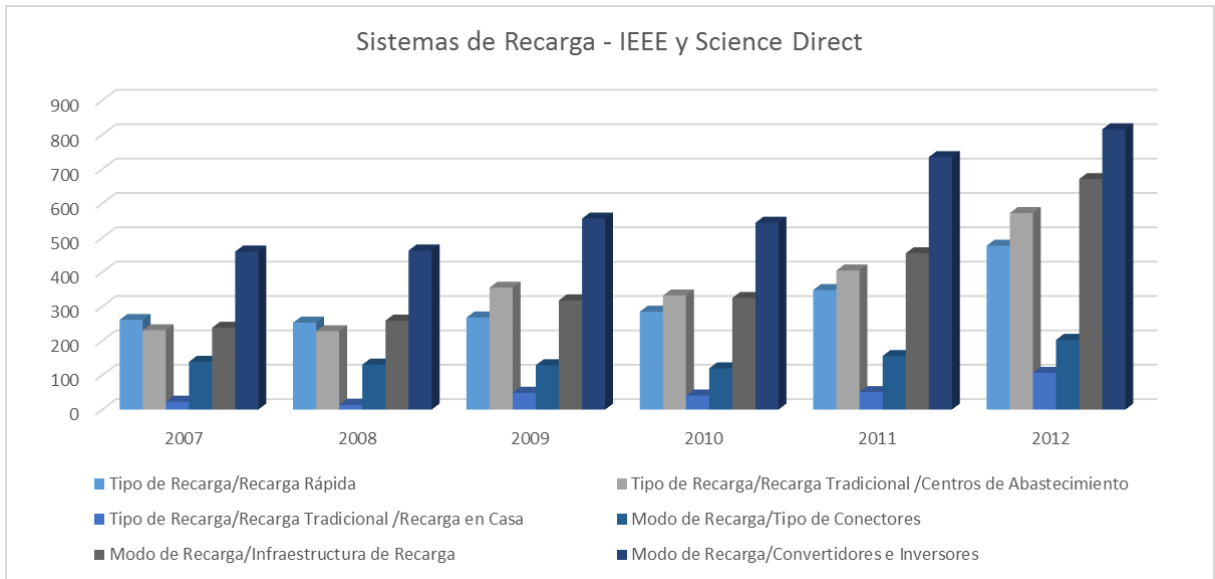
Gráfica 3-1. Análisis Macroscópico Aplicaciones EVs



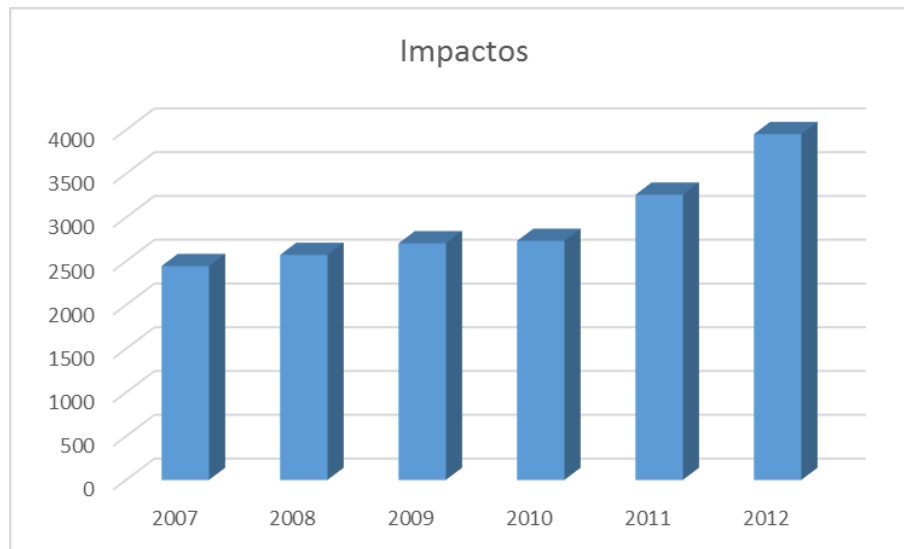
**Gráfica 3-2. Análisis Macroscópico Tecnologías EVs**



**Gráfica 3-3. Análisis Macroscópico Baterías EVs**



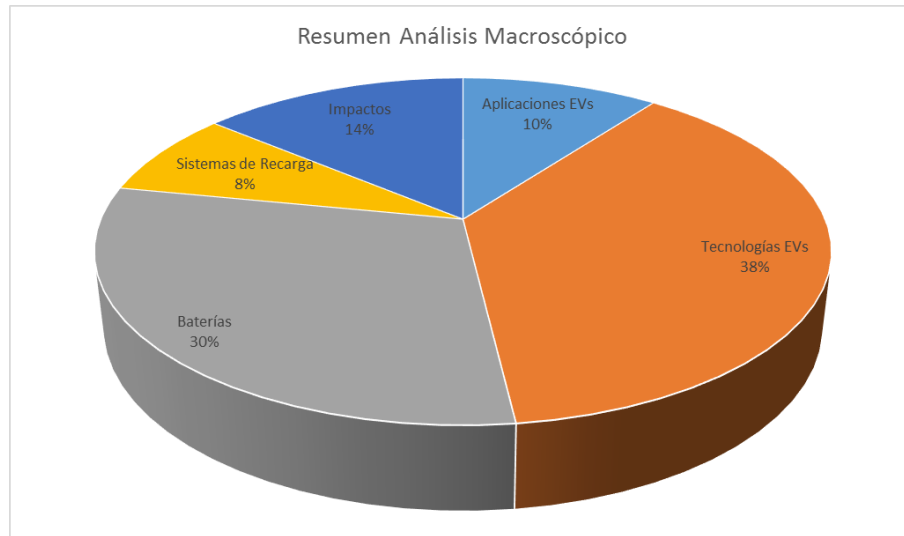
Gráfica 3-4. Análisis Macroscópico Sistemas de Recarga



Gráfica 3-5. Consulta a nivel macro de Impactos de EVs

En general todos los temas tienen tendencias ascendentes, lo que indica que se ha venido aumentando la investigación en cada uno de los temas descritos. Así mismo se empiezan a ver las diferencias en cantidad, como un primer indicador de importancia dentro de los temas relacionados.

De este modo se realiza un primer filtro en la búsqueda y selección de artículos y patentes, de forma que los resultados empiecen a focalizar los puntos de interés concernientes a la VT. Para esta actividad se tiene en cuenta los porcentajes mostrados en la Gráfica 3-6.



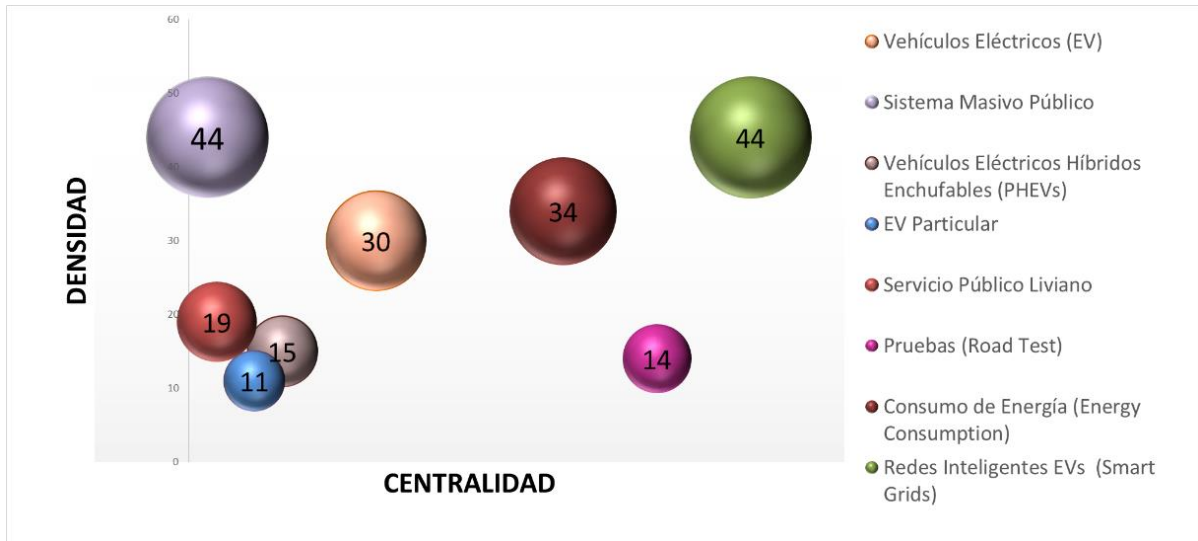
Gráfica 3-6. Resultados Análisis Macroscópico EVs

### 3.2.3 Diagramas Estratégicos

Los diagramas estratégicos para los artículos científicos y las patentes obtenidos en los puntos anteriores se muestran a continuación.

#### 3.2.3.1 Diagrama de Artículos Científicos

En la Gráfica 3-7 se presentan los temas de mayor importancia en aplicaciones y tipos de EVs. La investigación en EVs para uso de sistema masivo toma mayor importancia frente a la relacionada a los EVs para servicio público liviano, del mismo modo la cantidad de publicaciones de redes inteligentes y consumo de energía tienen mayor participación frente al resto de temas identificados.



Gráfica 3-7. Diagrama Estratégico de Aplicaciones EVs de Artículos

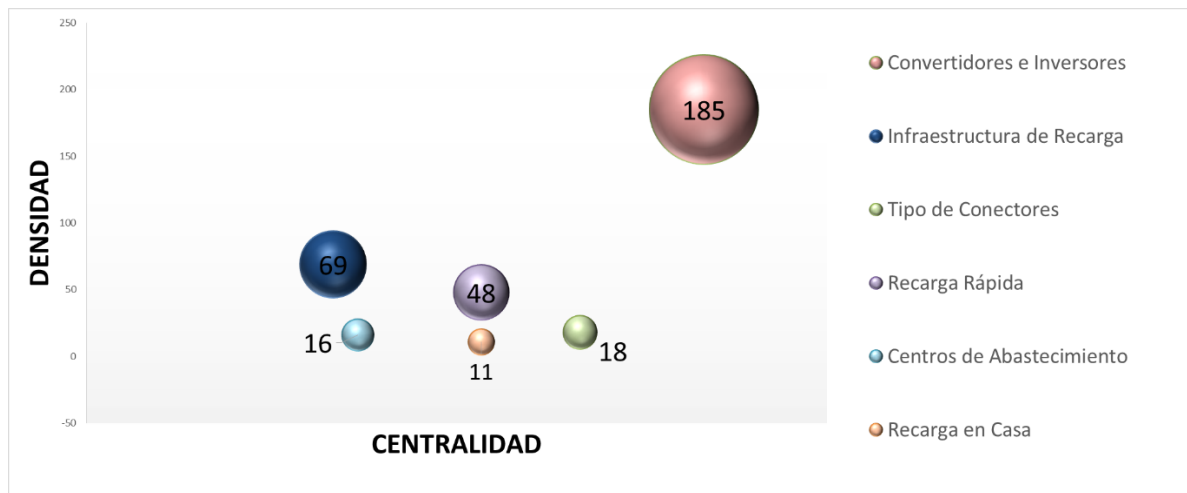
Los temas identificados como de mayor interés investigativo sobre las baterías son presentados en la Gráfica 3-8. En esta se identifica el almacenamiento de energía como el tema de mayor investigación mientras que el costo y la capacidad de almacenamiento son las de menor investigación para el tema de la batería.

El tema que sobresale dentro de las baterías, y que puede ser clasificado como tecnología emergente, son los supercondensadores. La cantidad de artículos encontrados sobre este tema es representativa no sólo dentro de las baterías sino en general dentro de los temas de investigación consultados.



Gráfica 3-8. Diagrama Estratégico de Baterías de Artículos

En la Gráfica 3-9 se resalta la alta investigación en convertidores e inversores frente al resto del temas priorizados en sistemas de recarga. Pese a que estos temas fueron agrupados desde el principio, al separarlos continúan siendo de gran representación dentro de los sistemas de recarga.



Gráfica 3-9. Diagrama Estratégico de Sistemas de Recarga de Artículos

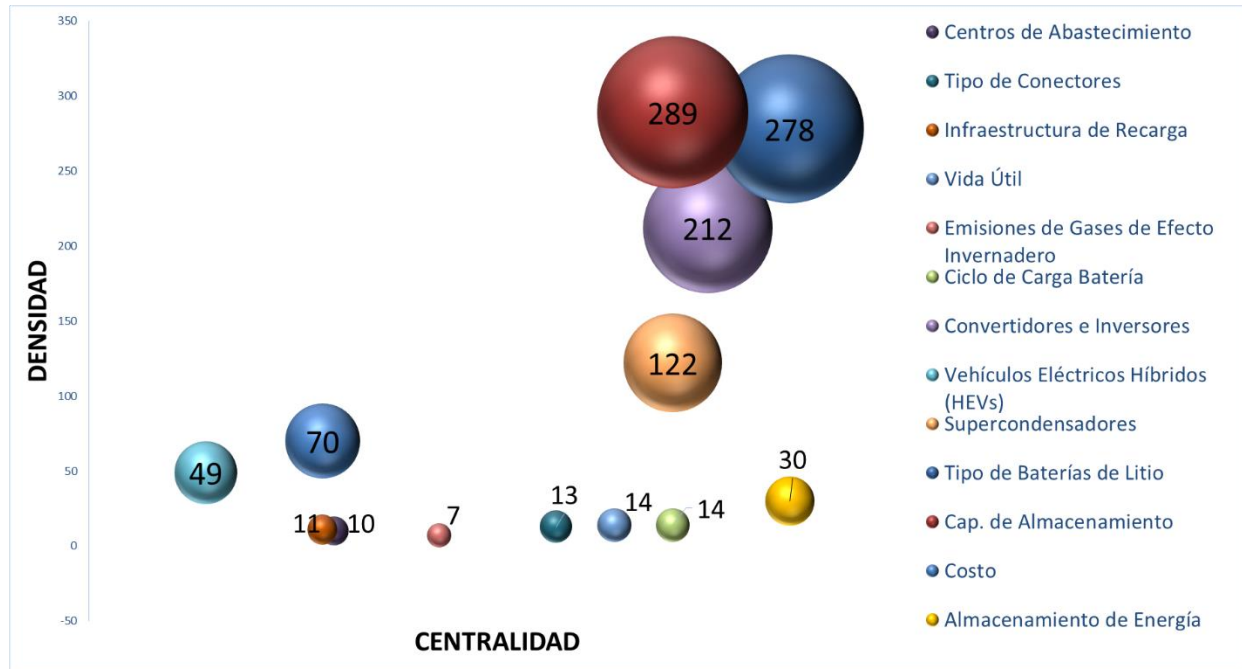
Estos diagramas estratégicos permiten de forma cuantitativa conocer los temas en los que se está investigando, y de alguna manera, identificar las tecnologías que se encuentran en desarrollo durante la ventana de tiempo establecida.

### 3.2.3.2 Diagrama de Patentes

El desarrollo del diagrama estratégico de patentes se muestra en forma global en la Gráfica 3-10. Los temas priorizados para este caso no son clasificados como para los artículos. Como era de esperarse en el tema de propiedad intelectual sobresalen nuevos subtemas importantes para el ejercicio de la vigilancia. Entre otros el tipo de batería y el tipo de conectores para EVs.

En general los temas de mayor registro en patentes son los relacionados con capacidad de almacenamiento, baterías de litio, supercondensadores y convertidores e inversores. Las patentes descritas como de emisiones de gases de efecto invernadero, hacen referencia a

las que especifican la reducción de estos gases mediante la implementación del desarrollo tecnológico.



Gráfica 3-10. Diagrama Estratégico Patentes

Los diagramas estratégicos muestran como primeros temas representativos los supercondensadores, los inversores y convertidores. Estos temas, al igual que otros, serán analizados en busca de focalizar e identificar los temas de interés.

### 3.2.4 Otros Factores de Vigilancia

En la Tabla 3-2 se presenta el resultado de la clasificación de las palabras claves más frecuentes en artículos científicos. Los temas relacionados en esta tabla identifican temas de importancia para las áreas de investigación. Igualmente se relacionan en los registros de propiedad intelectual. Dentro de las palabras claves identificadas como las de mayor frecuencia se resaltan temas como aplicaciones de EVs y las características de las baterías.

Tabla 3-2. Palabras Claves más Frecuentes

ÍTEM	PALABRA CLAVE	FRECUENCIA
1	HYBRID ELECTRIC VEHICLE (HEV)	210
2	ELECTRIC VEHICLE (EV)	200
3	PLUG-IN & HYBRID ELECTRIC VEHICLES (PHEV)	161
4	BATTERY	116
5	SUPERCAPACITOR	102
6	ENERGY STORAGE SYSTEM	101
7	LITHIUM ION (LI-ION)	99
8	CITIES AND TOWNS	75
9	DC/DC CONVERTER	60
10	BATTERY STATE OF CHARGE (SOC)	50
11	ALL ELECTRIC RANGE (AER)	48
12	BANK-TO-TURN (BTT)	47
13	BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS)	36
14	BUS	31
15	LEAD-ACID BATTERY	22
16	BATTERY POWERED VEHICLES	22
17	BIDIRECTIONAL AC-DC CONVERTER	22
18	BATTERY CHARGER	18
19	CONVERTER	17
20	CHARGING INFRASTRUCTURE	17
21	BUCK-AND-BOOST CONVERTER	16
22	AC/DC CONVERTER	14
23	BATTERY ELECTRIC VEHICLE	14
24	CONTROL STRATEGY	14
25	EFFICIENCY	14

Dentro de los factores descritos se resaltan los centros y entidades empresariales que se encuentran trabajando en los temas alrededor de los EVs. Bajo este lineamiento se identifican grupos de investigación y autores de forma que se pueda obtener información sobre el desarrollo de la tecnología. En la Tabla 3-3 se indican las entidades con mayor número de publicaciones científicas junto con el país de publicación. De esta tabla se resalta a China y Estado Unidos como los países con instituciones de mayor número de publicaciones, también se destacan Hitachi y ABB como las instituciones no educativas con publicaciones a nivel científico.

Tabla 3-3. Instituciones con mayores publicaciones en Artículos Científicos

INSTITUCIÓN	AUTOR	AUTOR	PAÍS
CSIRO Energy Technology	L.T. LAM	R. LOUEY	Australia
Dept. of Autom., Chang'an Univ.	GUIPING WANG	PANPAN YANG	China
Dept. of Electr. & Comput. Eng., Concordia Univ., Montreal, QC, Canada	AMJADI, Z.	WILLIAMSON, S.S.	Canadá
Dept. of Electr. & Comput. Eng., Univ. of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL, USA	YILMAZ, M.	KREIN, P.T.	USA
Dept. of Electron. & Electr. Eng., Univ. of Sheffield	J. WANG	Z.P. XIA	Reino Unido
Electr. & Comput. Eng. Dept., Univ. of Maryland, College Park, MD, USA	RAGHAVAN, S.S.	KHALIGH, A.	USA
Electric Transportation Applications	GARRETT P. BEAUREGARD	DONALD B. KARNER	USA
FREEDM Syst. Center, North Carolina State Univ., Raleigh, NC, USA	SANZHONG BAI	DU YU	USA
Inst. for Power Electron. & Electr. Drives, RWTH Aachen Univ.	B. LUNZ	H. WALZ	Alemania
Inst. of Energy, Cardiff Univ., Cardiff, UK	PAPADOPOULOS, P.	SKARVELIS-KAZAKOS, S.	Reino Unido
National Engineering Laboratory for Electric Vehicles, Beijing Institute of Technology	GUO YIFENG	ZHANG CHENGNING	China
National Renewable Energy Laboratory	JEREMY NEUBAUER	AHMAD PESARAN	USA
State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Tsinghua University	ZHE LI	MINGGAO OUYANG	China
Technical University of Denmark	FRANCESCO MARRA	CHRESTEN TRÆHOLT	Dinamarca
Thegreencarwebsite.co.uk	LUCAS PAUL		Colombia
Hitachi	T. KOJIMA	T. ISHIZU	Japón
ABB	YAO CHEN	HECTOR ZELAYA DE LA PARRA	China

De otra parte se identifican las empresas con mayor número de solicitudes de patentes en la Tabla 3-3. Es importante resaltar que para esta clasificación se identificó la empresa matriz. Asimismo, en el caso en que participaba más de una empresa se tomaba la registrada de primeras. De las clasificadas se resaltan empresas fabricantes de vehículos y empresas líderes en baterías y desarrollos electrónicos. Dentro de este listado se identifican asociación universidad – empresa, la mayoría establecidas en Estados Unidos.

Tabla 3-4. Solicitantes de mayor cantidad de patentes en EVs y Tecnologías Periféricas

ÍTEM	SOLICITANTES	FRECUENCIA
1	TOYOTA MOTOR CO LTD	416
2	PANASONIC CORP	185
3	BOSCH CORP	141
4	LG CHEMICAL LTD	126
5	HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS LTD	106
6	NISSAN MOTOR	98
7	mitsubishi electric corp	87
8	SANYO ELECTRIC CO	75
9	UNIVERSITIES	69
10	RENAULT SA	68
11	SIEMENS AG	64
12	SUMITOMO CHEMICAL CO	53
13	SB LIMOTIVE CO LTD	50
14	HONDA MOTOR CO LTD	41
15	PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA	38
16	AUDI NSU AUTO UNION AG	37
17	LI TEC BATTERY GMBH	32
18	BAYERISCHE MOTOREN WERKE AG	25
19	KOREA ADVANCED INST SCI & TECH	24
20	CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH	21
21	TOSHIBA KK	21
22	BEHR GMBH & CO KG	20
23	COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQU	19
24	AEROVIRONMENT INC	15
25	DAIKIN IND LTD	14
26	LI TEC BATTERY GMBH [1]; SCHAEFER TIM [1] +	14
27	NEC CORP	14
28	BRUSA ELEKTRONIK AG [39]; KRAUSE AXEL [39] +	10
29	MICHELIN SOC TECH	10
30	SONY COPRORATION	10
31	SUZUKI MOTOR CORP	10
32	BATTELLE MEMORIAL	8
33	VOLVO	8
34	VOLKSWAGEN AG	7
35	UNIVERSITY DELAWARE	6
36	UNIVERSITY CALIFORNIA	5
37	UNIVERSITY MICHIGAN	4

La identificación de los países con mayor participación en el ámbito de publicaciones científicas se registra en la Figura 3-2. Los países con mayores registros son: China, Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido. Entre estos países se constituye más del 70% de las publicaciones consultadas, dejando al resto de los países con una baja participación. Latinoamérica tiene menos del 6% de publicaciones, éstas se reparten entre Colombia, México, Argentina y Brasil.



Figura 3-2. Países con Mayor Cantidad de Publicaciones Científicas

El porcentaje de registro de patentes por país se muestra en la Figura 3-3. Así como en publicaciones los países con mayor registro de patentes son China, Estados Unidos, Japón, Alemania, Corea del Sur y Francia. Entre estos se tiene más del 90% de las patentes consultadas. En este parámetro Latinoamérica no registra una participación que pueda ser considerada dentro del estudio.



Figura 3-3. Países con mayor Cantidad de Patentes

Las estadísticas de producción de vehículos en el mundo<sup>11</sup> se presenta en la Figura 3-4. En esta no se distingue el tipo de vehículo producido, ni se seleccionan los del alcance del estudio. Nuevamente en esta clasificación aparecen países como China, Estados Unidos, Japón, Alemania y Corea del Sur.

---

<sup>11</sup> Datos tomado de [40] (2004). *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers - OICA is the voice speaking on automotive issues in world forums*. Available: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2012-statistics/>

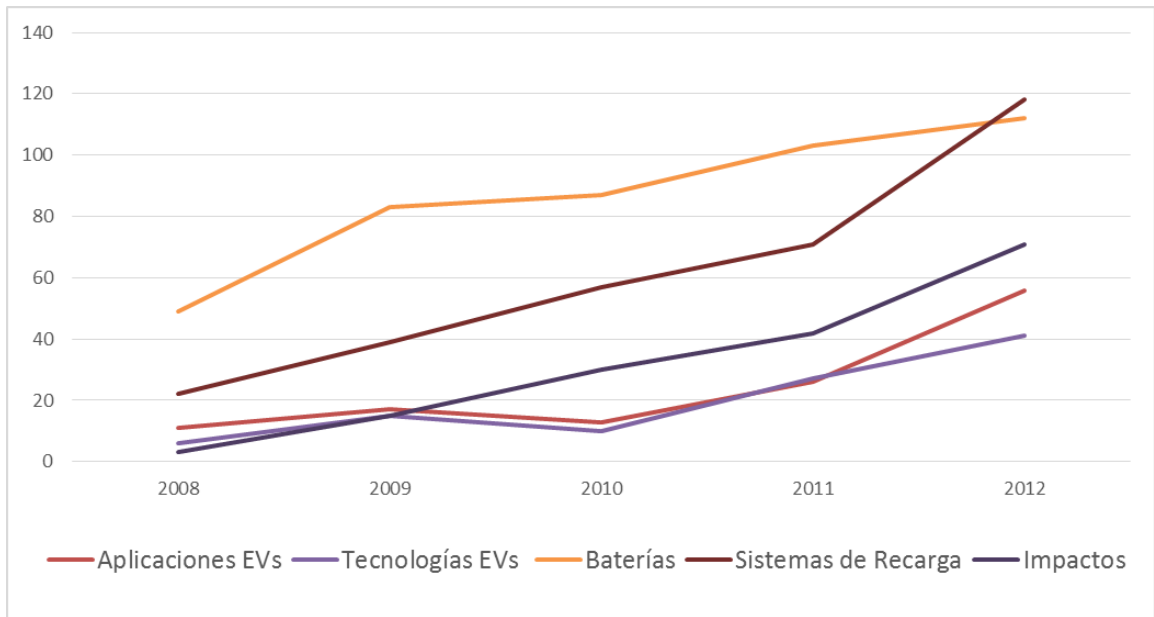


Figura 3-4. Países con Mayor Producción de Vehículos de Combustión

### 3.2.5 Tendencias Tecnológicas a partir de Artículos Científicos

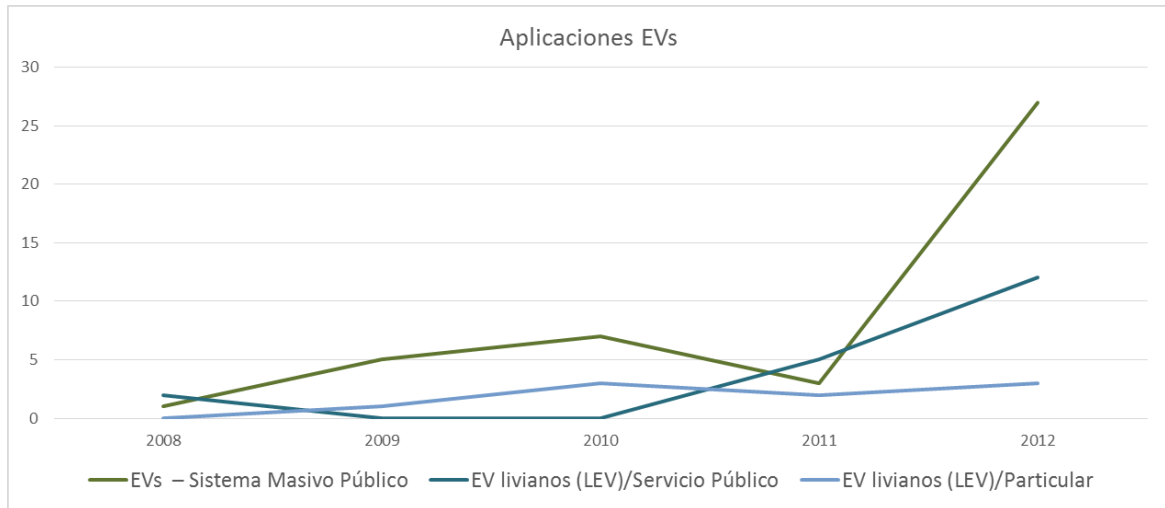
Posterior a la selección de los artículos relevantes se obtuvo tendencias derivadas de las palabras claves identificadas como las de mayor frecuencia en cada uno de los ámbitos priorizados. De cierto modo estas tendencias permiten identificar el comportamiento del conocimiento en las distintas áreas.

La mayoría de tendencias indican el crecimiento del conocimiento en las disciplinas, e identifican el lugar y el grupo, o grupos, de personas que se encuentran en el desarrollo de las tecnologías. En la Gráfica 3-11 se presentan la cantidad de artículos consultados clasificados por año y por tema priorizado. A primera vista la gráfica muestra una tendencia creciente de forma exponencial para las aplicaciones, los sistemas de recarga y los impactos, mientras una tendencia ascendente lineal para las tecnologías. El caso de las baterías tiene un comportamiento con tendencia descendente, sin embargo será analizado por separado para interpretar correctamente este comportamiento. De manera particular se grafican las tendencias más representativas.



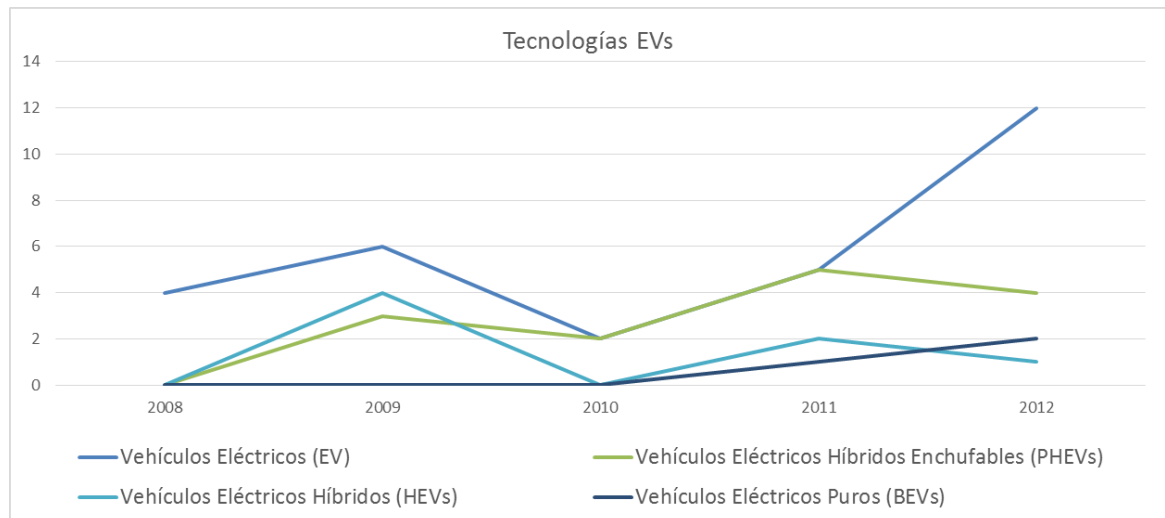
Gráfica 3-11. Tendencias de temas principales identificados para la Vigilancia Tecnológica en EVs

En la Gráfica 3-11 se presenta la cantidad de publicaciones relacionadas con las aplicaciones de los EVs. En esta gráfica se muestra de manera clara el interés de los investigadores por el sistema Masivo Público a partir del 2011. Los artículos que relacionan aplicaciones de uso público liviano empiezan a aumentar en el año 2010 con una creciente lineal. Los artículos publicados para EVs de uso liviano particular no son representativos comparados con las otras dos aplicaciones lo que puede indicar que el interés principal de los investigadores se enfoca en los sistemas públicos de transporte.



Gráfica 3-12. Tendencia en artículos de Aplicaciones de EVs

Las tecnologías de EVs presentadas en la Gráfica 3-12, hace evidente el punto de inflexión los HEVs y PHEVs en el año 2011 donde se presenta una decreciente en la tendencia que llevaban, mientras que los BEVs pese a su baja investigación en los dos últimos registrados, presenta un aumento en la curva característica. Dentro de la consulta realizada las tecnologías no están asociadas al tipo de uso, lo que sería conveniente para estudiar el tipo de tecnología de acuerdo a la implementación que se quiere.

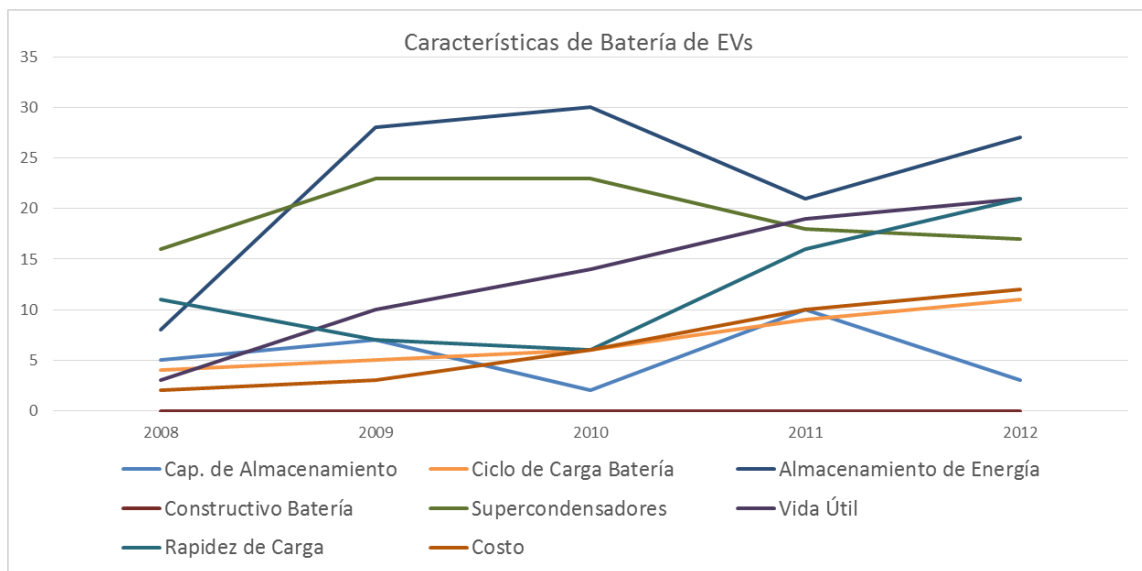


Gráfica 3-13. Tendencia en Artículos de Tecnologías de EVs

Las baterías analizadas de acuerdo a sus características son presentadas en la Gráfica 3-14. En el ámbito investigativo se resaltan los temas de almacenamiento de energía y el estudio

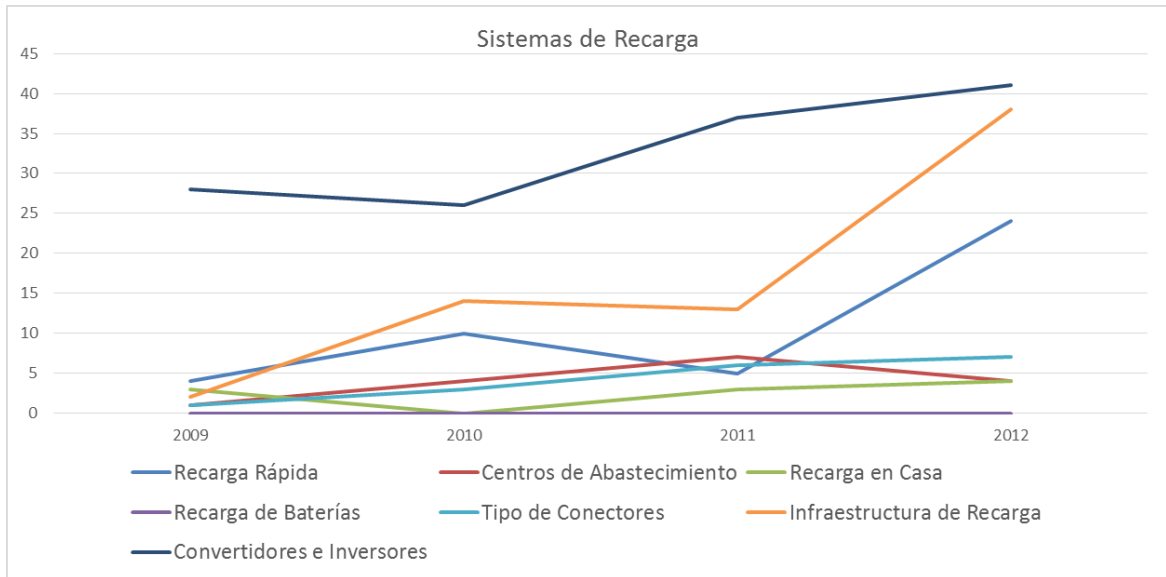
sobre la vida útil. Otro tema que tiene una creciente en su proceso investigativo es la rapidez de carga, uno de las mayores preocupaciones y obstáculos para la implementación de los EVs.

Por otro lado sobresalen los supercondensadores como tema de gran interés, pues su característica de mayor rapidez de carga junto con su tamaño, comparado con el de las baterías convencionales, lo plantearía como una tecnología emergente.



**Gráfica 3-14. Tendencias de Artículos sobre Características de Baterías de EVs**

Los convertidores e inversores es el tema de mayor interés investigativo dentro de lo clasificado en los sistemas de recarga. Estos temas no sólo tienen la mayor cantidad de publicaciones en el tema, sino que su tendencia es creciente lineal. Del resto de los temas de sistemas de recarga, mostrados en la Gráfica 3-15, se destacan la infraestructura de recarga y la recarga rápida como temas de gran investigación.

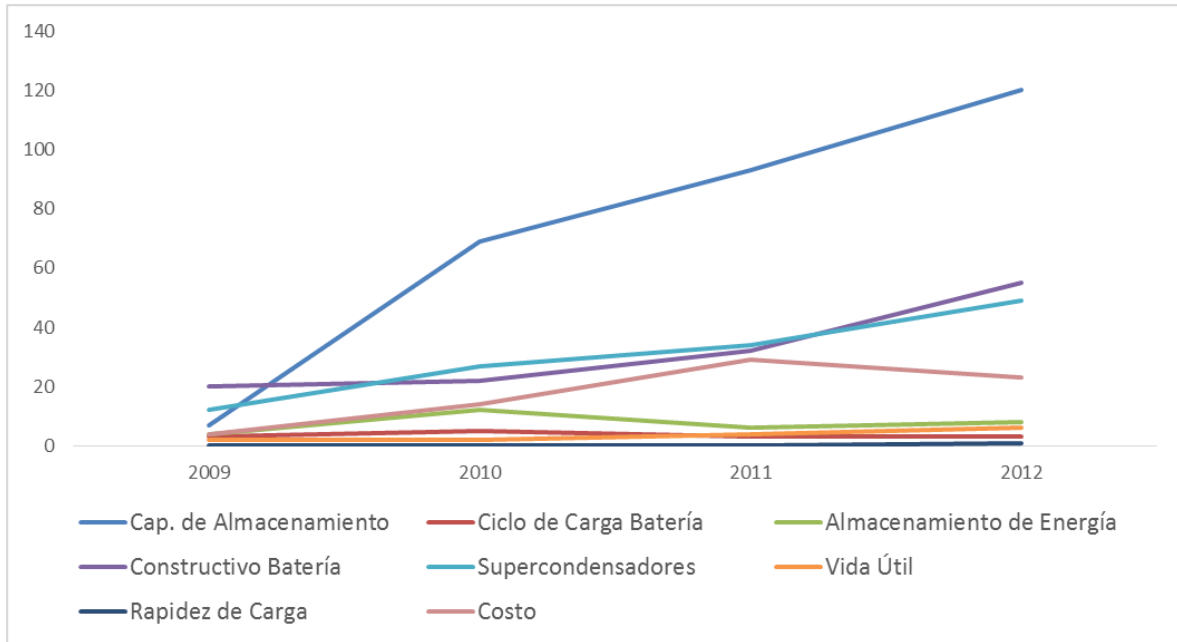


Gráfica 3-15. Tendencias de artículos en Sistemas de Recarga

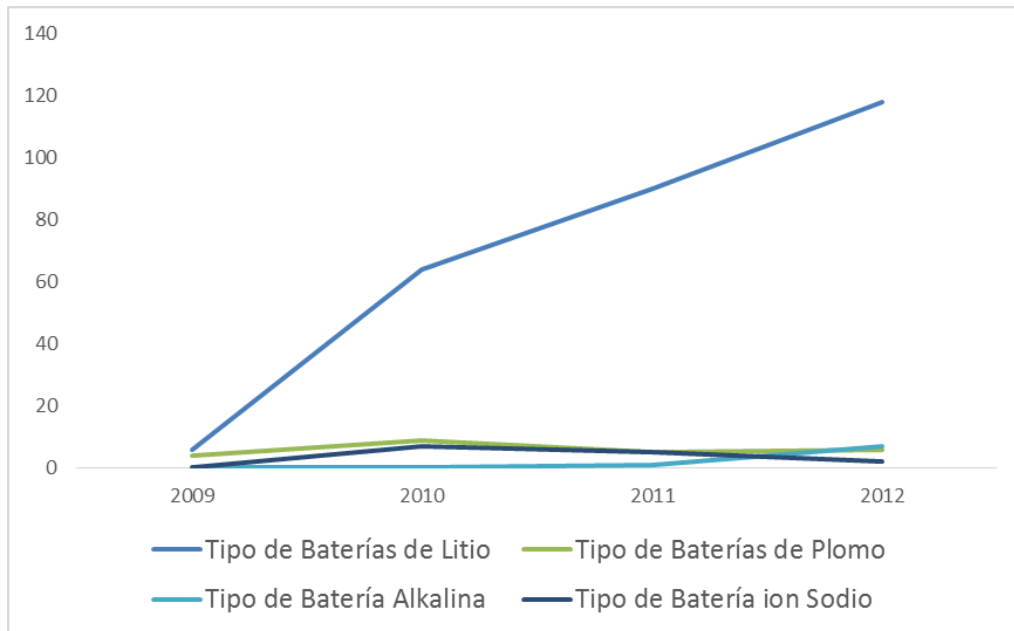
### 3.2.6 Tendencias Tecnológicas a partir de Patentes

La búsqueda de los registros en propiedad intelectual alrededor de las tecnologías de EVs gira principalmente alrededor de las baterías y a los sistemas de recarga. Las tendencias de las patentes encontradas que relacionan algunas de las características de las baterías son mostradas en la Gráfica 3-16. De acuerdo a esta gráfica la capacidad de almacenamiento es la característica que registra la mayor cantidad de patentes seguido de los supercondensadores.

El tipo constructivo de la batería surgió dentro de las patentes como un nuevo tema de importancia dentro de las características de las baterías. Específicamente se resalta el tipo de material con el que construyen la batería. En la Gráfica 3-17 predominan las patentes de baterías de litio sobre las otras como de plomo, ion sodio y alcalinas.

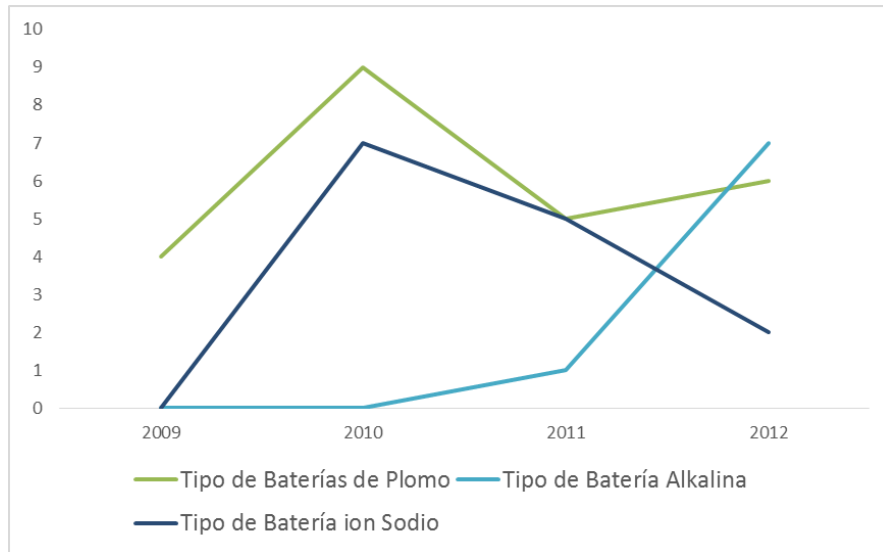


Gráfica 3-16. Tendencia de Patentes encontradas sobre Características de Baterías para EVs



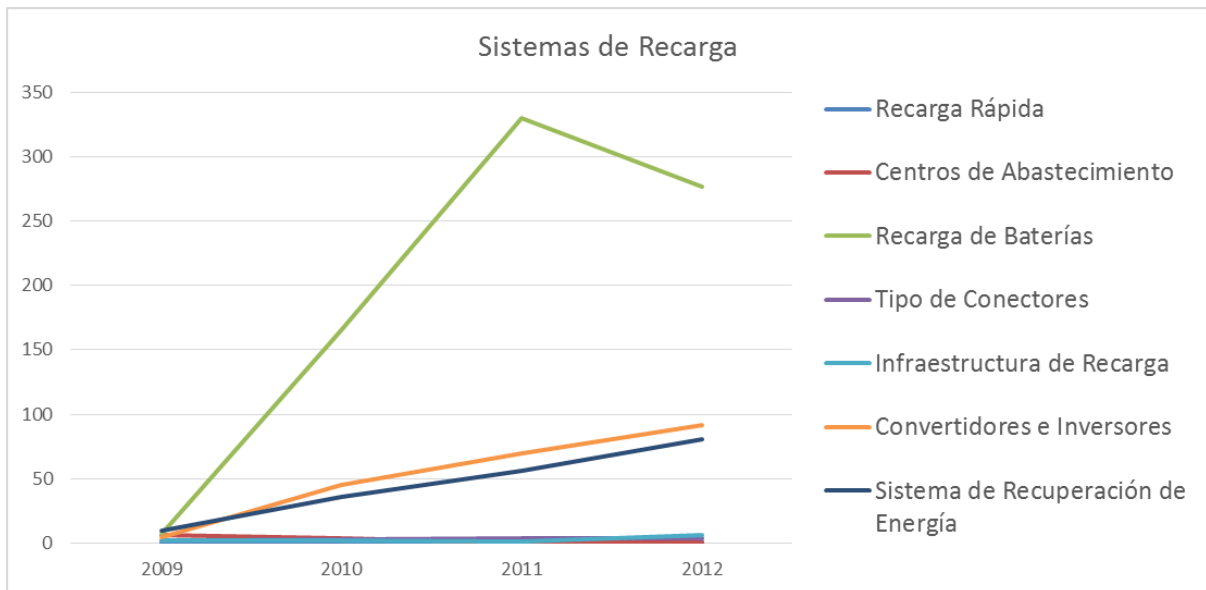
Gráfica 3-17. Tendencias de Patentes encontradas sobre Tipo de Baterías

En la Gráfica 3-17 se filtran las baterías de litio para observar en detalle las otras baterías, donde se observa la pendiente de forma creciente de las baterías alcalinas, mientras que las otras dos opciones presentan tendencias decrecientes.



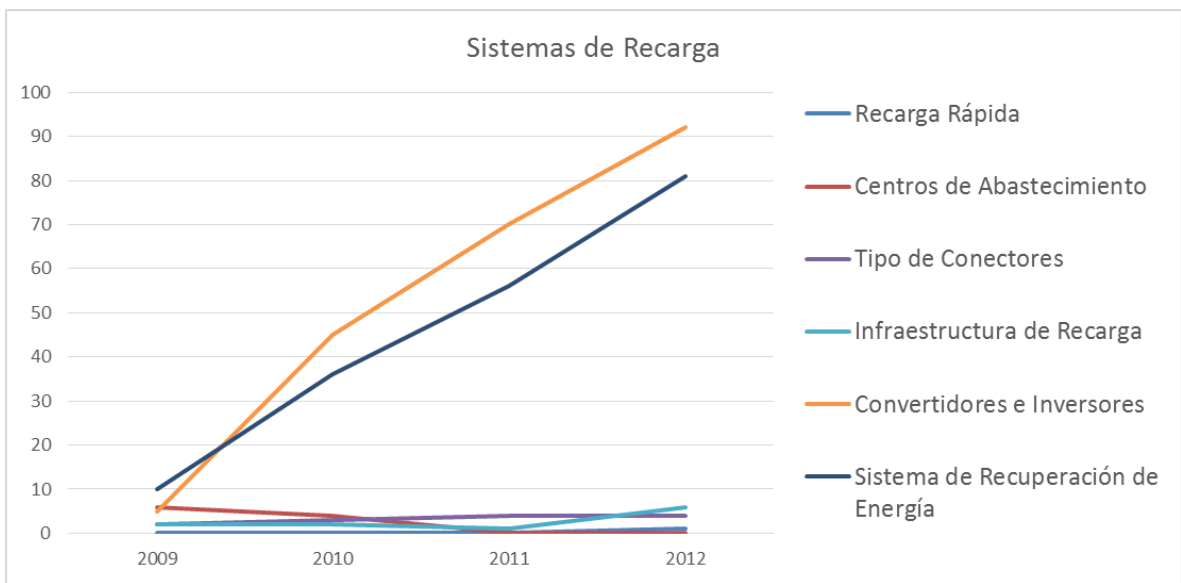
Gráfica 3-18. Tendencias de Patentes encontradas sobre Tipo de Baterías (Filtrado)

Las patentes de mayor representación dentro de los sistemas de recarga son mostradas en la Gráfica 3-19. El tema relevante son la recarga de baterías que tuvieron un incremento hasta el año 2011, después de este año bajaron la cantidad de publicaciones en este campo. Los temas subsiguientes en cantidad son los convertidores e inversores y los sistemas de recuperación de energía.



Gráfica 3-19. Tendencias de Patentes encontradas en Sistemas de Recarga

En la Gráfica 3-20 se filtra la tendencia de recarga de baterías de manera que se pueda ver en detalle el comportamiento de los otros temas priorizados. Al igual que en el área de investigación, los convertidos e inversores tienen una relevancia importante dentro de los sistemas de recarga mostrada no sólo en la cantidad sino también en la tendencia lineal creciente mostrada en la gráfica. Los sistemas de recuperación de energía tienen la misma tendencia que los convertidores e inversores, pese a no ser contemplado dentro de los temas de investigación.

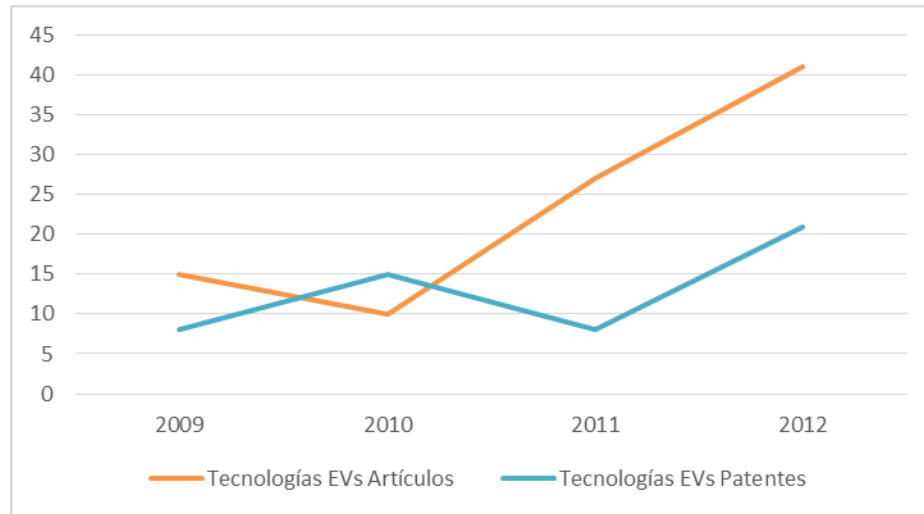


Gráfica 3-20. Tendencias de Patentes en Sistemas de Recarga (filtrado)

### 3.2.7 Correlación entre Tendencias Encontradas

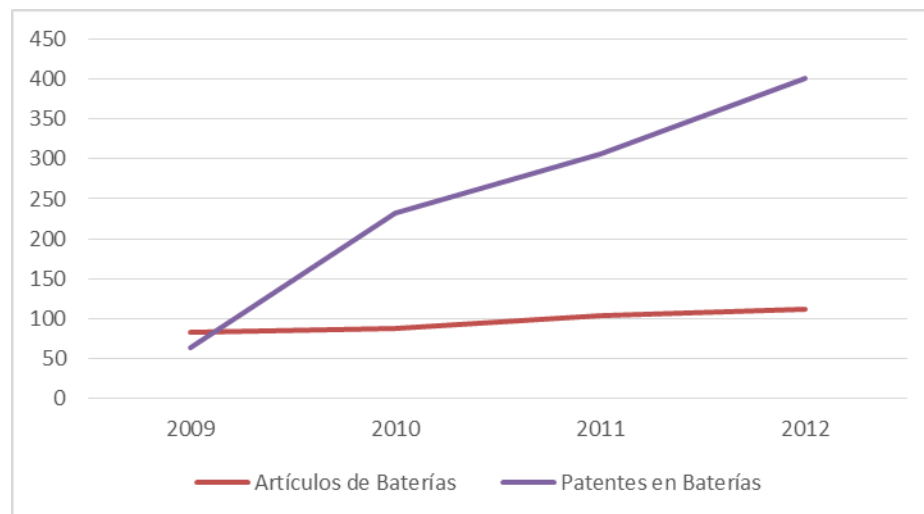
Al comparar los artículos de investigación junto con los documentos de propiedad intelectual, los temas que presentaron mayor representación se correlacionan en las siguientes gráficas:

La Gráfica 3-21 muestra lo que concierne a tecnologías de EVs. En esta se puede observar la creciente de ambas tendencias que pese a que entre el 2010 y el 2011 se presenta un decreciente en la cantidad de las patentes. El interés tanto a nivel investigativo como de registro de patentes de este tipo de tecnologías indica el interés para madurar los tipos de tecnologías.



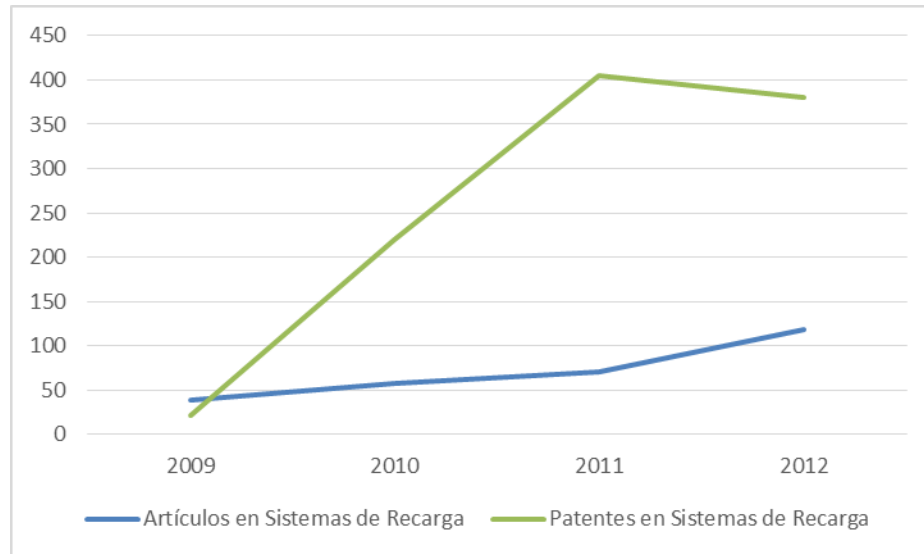
Gráfica 3-21. Correlación entre Artículos y Patentes en Tecnología

En la Gráfica 3-22 se muestran tanto los artículos científicos como las patentes de los temas alrededor de las baterías de EVs. La proporción de patentes es mucho mayor a la de artículos en cuantía sin embargo ambas tienen comportamiento ascendente. De estas tendencias se podría deducir dos conclusiones; la primera que el ámbito de la investigación continúan trabajando pero los productores están patentando desarrollos o sistemas dentro de los desarrollos, y por otro lado el mayor interés en baterías se ve enfocado en patentar en lugar de publicar el ámbito investigativo.



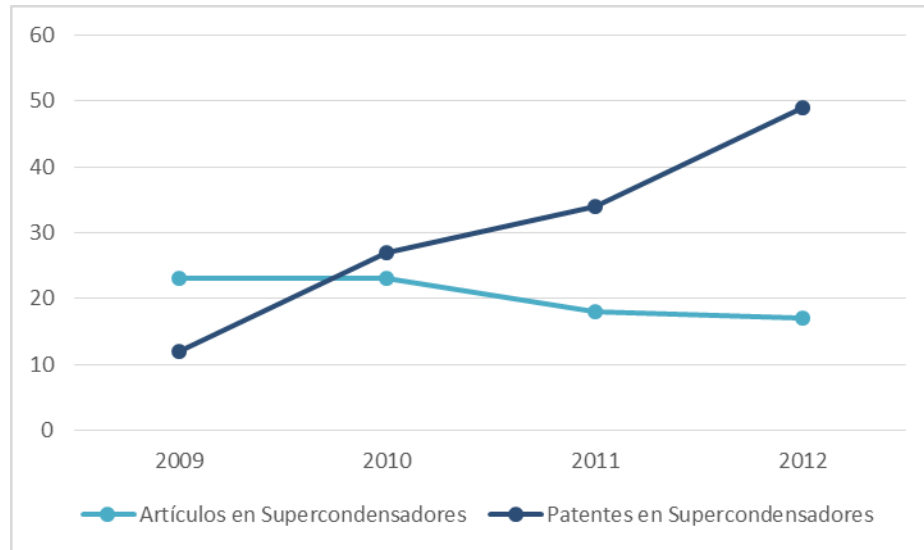
Gráfica 3-22. Correlación entre Artículos y Patentes en Baterías

Las tendencias de artículos y patentes de sistemas de recarga son representados en la Gráfica 3-23, en ésta se resalta el incremento que se tuvo entre los años 2009 y 2011 con relación a las patentes, posterior a este período una estabilización tendiente a la baja puede indicar la maduración de esta tecnología, porque la tendencia de publicaciones científicas no tiene mayor representación en este comportamiento.



Gráfica 3-23. Correlación entre Artículos y Patentes en Sistemas de Recarga

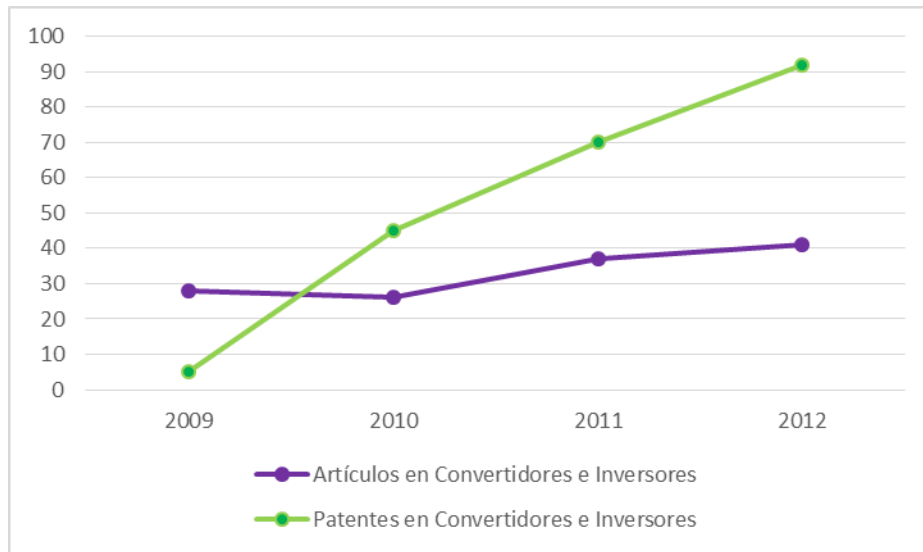
Los supercondensadores, clasificados en el primer análisis dentro de las baterías, son separados para este segundo análisis. Casi considerados como una tecnología emergente, se muestran las tendencias tanto de artículos como de patentes en la Gráfica 3-24. Sus curvas cruzadas, una de manera creciente y la otra decreciente, pueden indicar el punto de deflexión donde la tecnología tuvo una maduración de forma que el interés se inclinó más hacia el lado de proteger la propiedad intelectual y los avances que se tuvieron alrededor de esta tecnología que por publicar avances en investigación.



Gráfica 3-24. Correlación entre Artículos y Patentes en Supercondensadores

Las tendencias de convertidores e inversores son mostradas en la Gráfica 3-25. Ambas crecientes dentro de la ventana de tiempo establecida para el proyecto, se diferencian en la cantidad entre artículos y patentes. En este caso, como en el de la mayoría de los anteriormente mostrados, el interés alrededor de las tecnologías es más a la protección del desarrollo que del publicar los avances a nivel investigativo. Empresas patrocinadoras de estos desarrollos los patentan enfocándose exclusivamente a esta área.

Estos casos son el ejemplo donde se evidencia la poca o nula interacción entre entidades educativas e instituciones de producción. Los que los primeros se dedican exclusivamente a publicar avances científicos, mientras que las empresas productoras se dedican a patentar los desarrollos y de esta forma proteger sus avances alrededor de la tecnología.

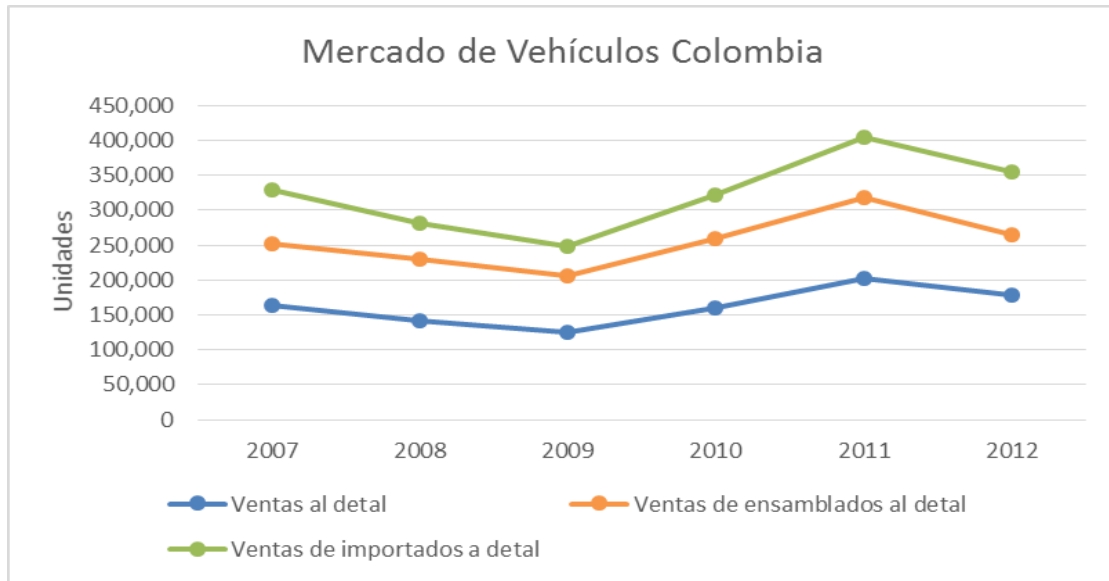


Gráfica 3-25. Correlación entre Artículos y Patentes en Conversores e Inversores

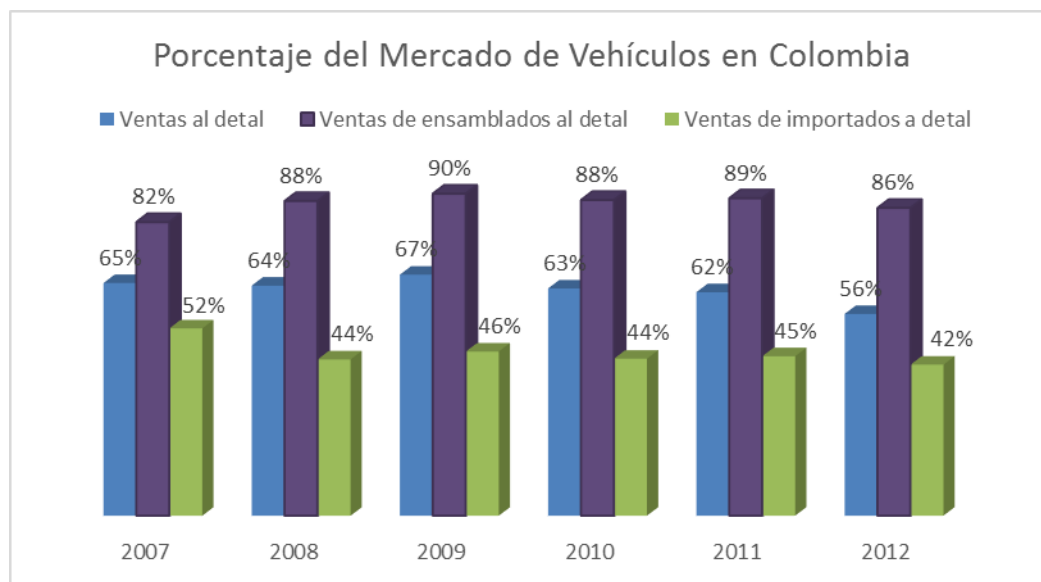
### 3.2.8 Información de Mercado

Por no contar con un histórico que muestre preferencias o tendencias para este caso particular la consulta se focaliza en el mercado actual de vehículos de combustión.

En la Gráfica 3-26 se muestra la cantidad de vehículos vendidos en Colombia dentro de la ventana de tiempo establecida para el estudio. Estas cantidades sólo incluyen los automóviles, taxis y vehículos comerciales de pasajeros. La relación entre la venta de todos los vehículos en Colombia y los del alcance del estudio se muestra en la Gráfica 3-27.



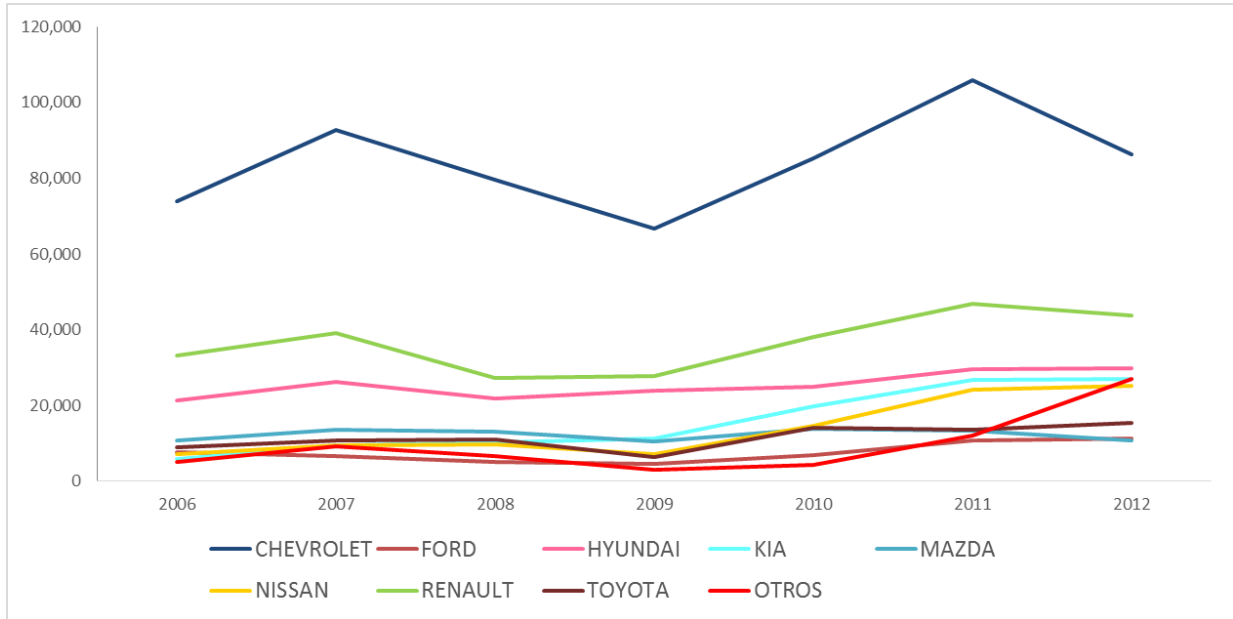
**Gráfica 3-26. Cantidad de Venta de Vehículos de Combustión en Colombia**



**Gráfica 3-27. Porcentaje de Mercado de Vehículos en Colombia**

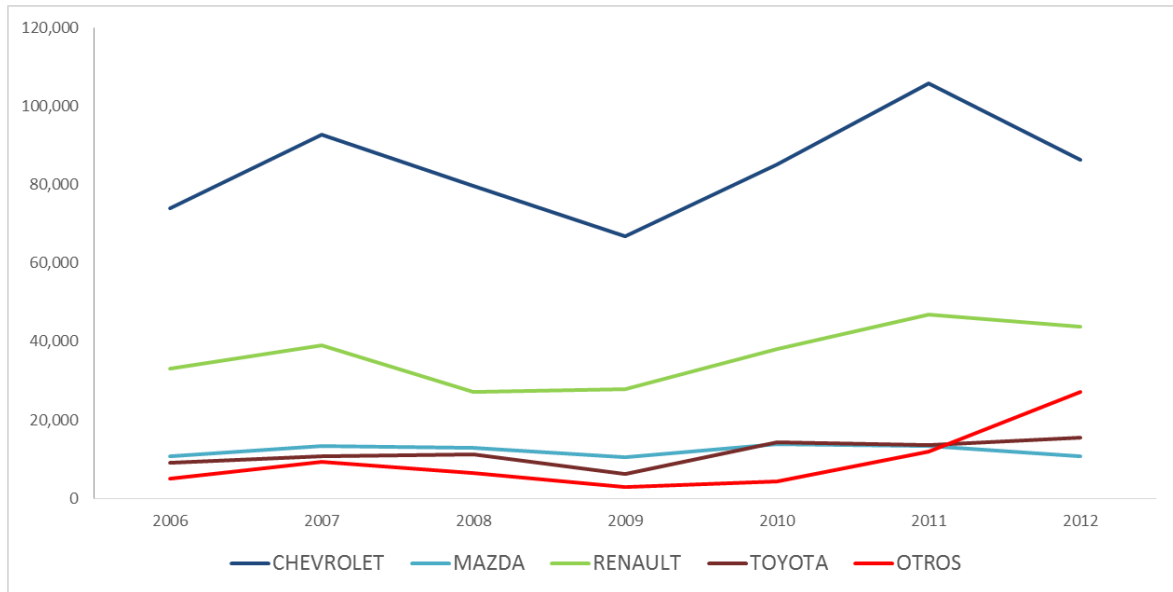
De las dos gráficas anteriores se resalta el alto porcentaje en el mercado de los vehículos del alcance del estudio. Es por eso que el cambio de este parque automotor no sólo sería de gran representación en el sector, sino que afectaría comerciantes, distribuidores y fabricantes de vehículos dentro del proceso de implementación de EVs.

En la Gráfica 3-28 se destacan las empresas de mayor venta de vehículos en Colombia, muchas de estas las de los mayores fabricantes a nivel mundial como: Hyundai, Mazda Nissan, Renault y Toyota. Las anteriormente nombradas ofertan en la actualidad los vehículos descritos en la Tabla 3-5. En esta tabla también se describen otros EVs que se ofertan en el mercado mundial.



Gráfica 3-28. Empresas de mayor venta de Vehículos en Colombia

Las marcas de mayor representación se presentan en la Gráfica 3-29 y en la Tabla 3-5 se presentan algunos de los vehículos que se encuentran en el mercado. Las compañías de mayor venta de vehículos de combustión en Colombia presentan sus alternativas en vehículos eléctricos tal como se muestra en la tabla y gráfica son: CHEVROLET, RENAULT y TOYOTA.



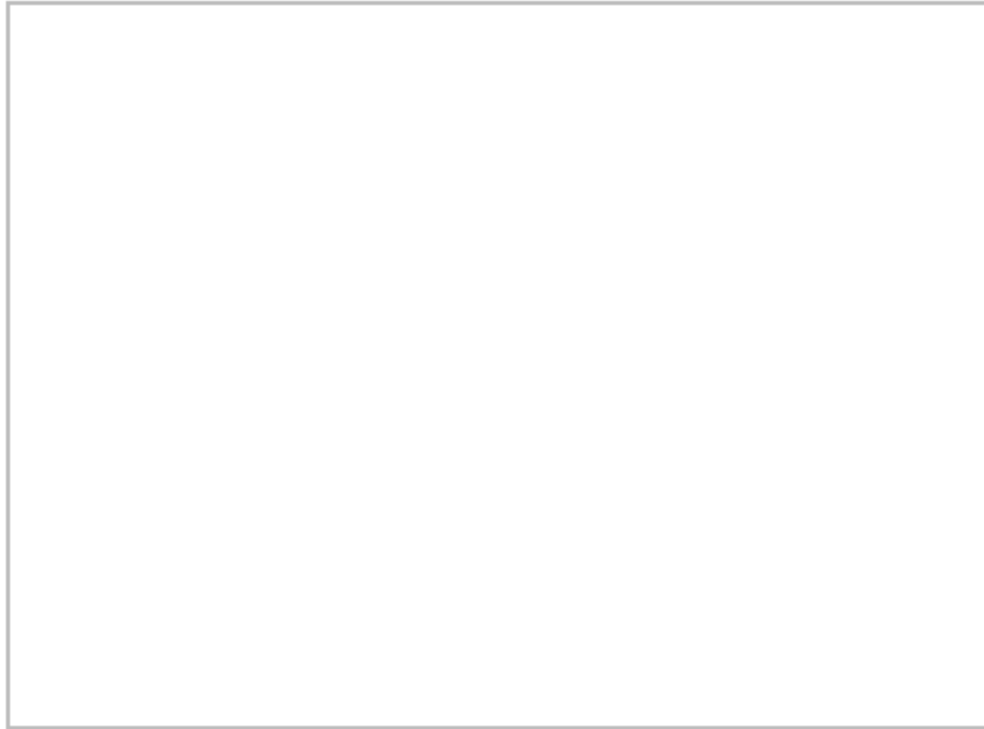
Gráfica 3-29. Estadísticas más representativas de Ventas de Vehículos en Colombia

Tabla 3-5. Ofertas de EVs en el Mercado Mundial Actual

MODELO VEHÍCULO	TIPO de EV	BATERÍA (kWh)	BATERÍA (AUTONOMÍA-km)	# PASAJEROS	VELOCIDAD (km/h)	TIPO DE RECARGA
CHEVROLET VOLT (Liftchback)	PHEV	16	64	5	160	10-16 horas a 120 V 4 horas a 240 V
NISSAN LEAF SV (Hatchback)	BEV	24	135	5	145	4 horas AC 30 min DC (80%)
RENAULT FLUENCE Z.E. (Liftchback)	BEV	22	185	5	135	6-8 horas a 240 V (100%)
TOYOTA PRIUS Plug-In (Hatchback)	PHEV	5.2	23	5	180	2.5-3 horas a 120 V 1.5 horas a 240V
RENAULT TWIZY URBAN 45	BEV	6.1	55-65	2	45	3 – 3.5 horas a 220V/10A
RENAULT TWIZY URBAN	BEV	6.1	55-65	2	85	3 – 3.5 horas a 220V/10A
RENAULT TWIZY 80	BEV	6.1	80	2	80	3 – 3.5 horas a 220V/10A
RENAULT TWIZY TECHNIC	BEV	6.1	80	2	85	3 – 3.5 horas a 220V/10A
RENAULT ZOE	BEV	22	210	5	135	9 horas a 230V 1 hora a 400 V
CITROEN C ZERO	BEV	14.5	150	4	130	30 min a 400V/32A (80%) 6 horas a 230 V/16 A (100%)
MITSUBISHI I- MIEV	BEV	16	160	4	130	7 horas 220 V (100%) 30 min/ Trifásico (80%)
PEUGEOT ION	BEV	16	150	4	130	6 horas a 230 V 1 hora a 400V
BMW ACTIVE HYBRID 3	HEV	--	100	5	250	--
BMW ACTIVE HYBRID 5	HEV	0.7	100	5	250	--
BMW ACTIVE HIBRYD 7	HEV	0.4	100	5	250	--

### **3.2.8.1 Revisión Mercado Internacional**

El mercado internacional de los EVs hasta el 2012 se describe en la Gráfica 3-30.



**Gráfica 3-30. Mercado Internacional de EVs**

En base a la gráfica anterior se puede realizar una tendencia de venta la cual se muestra en la Gráfica 3-31. De esta se puede ver el crecimiento en algunos países de venta. No obstante las condiciones regionales y culturales de estos países no son similares a las de Colombia, por lo cual es complicado realizar una correlación para la implementación en el país.

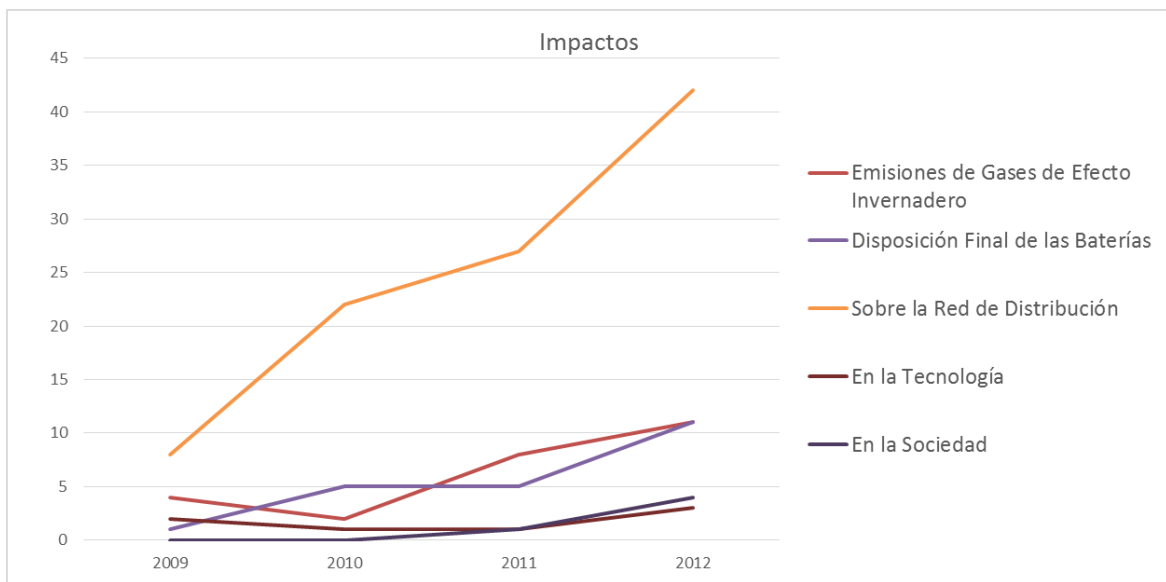


Gráfica 3-31. Tendencia de Ventas de EVs a Nivel Internacional

### 3.2.9 Ambiental y Social

Pese a que el principal argumento utilizado en el mundo para la incursión de los EVs son los efectos en el ambiente, de acuerdo a la Gráfica 3-32 se observa que los recursos para la investigación están dirigidos en mayor magnitud hacia los efectos sobre la red de distribución. Esta tendencia casi exponencial indica la preocupación técnica por la masificación de estos vehículos en países donde la capacidad no está prevista para asumir esa nueva demanda.

Los efectos por el CO<sub>2</sub>, interpretados como la disminución de emisiones de este gas por el uso de nuevas tecnologías, es representativa dentro de los impactos establecidos en el estudio. Su tendencia creciente, interrelacionada con la preocupación de la disposición final de las baterías, continúa en estudio dentro de temas de interés.



Gráfica 3-32. Tendencias de Artículos encontrados sobre Impactos por incursión de EVS

### 3.2.10 Análisis de Resultados

Todas las gráficas de tendencias indican el interés entre investigadores y productores sobre temas alrededor de los EVs. Cabe resaltar la proporción que presentan los EVs para uso masivo, este tema empieza a ser relevante para el mercado. Sin embargo durante esta etapa no se especifica qué tipo de vehículo se está direccionando para el tipo de uso. Por lo tanto, se deja planteado dentro de los temas para solucionarlos en la Prospectiva Tecnológica de manera que al momento de la aplicación no se presenten equivocaciones en la elección de la tecnología.

Las características de las baterías estudiadas por separado muestran el interés investigativo, sin embargo en esta parte de la metodología no es posible identificar el mayor obstáculo que evitan que sean una tecnología mejor desarrollada para EVs. De esta forma poder inclinar los recursos tanto humanos como económicos para su implementación.

Dentro de los temas de almacenamiento de energía, el interés investigativo y de propiedad intelectual sobre los supercondensadores predomina sobre los otros resultados. Los

supercondensadores permiten la reutilización de la energía perdida y la convierten en energía, mientras que las baterías de litio aún no han tenido el desarrollo para carga y descarga rápida. Esto indica que los investigadores y diseñadores perciben que los supercondensadores son más seguros que las baterías de litio con un porcentaje menor de incendio y de toxicidad. Es por esto que se requiere verificar dentro de la PT esta tecnología como tecnología emergente para el sistema de almacenamiento.

La infraestructura de recarga y la recarga rápida son los temas que se destacan dentro de los sistemas de recarga. Los temas trabajados en forma general no especifican el tipo de usuario para cada caso. Identificarlos generaría una ventaja en el ámbito investigativo y en el mercado, por esto mediante la prospectiva tecnológica se pretende identificar y esclarecer los sistemas de recarga ideales para cada uno de los usuarios.

### **3.3 FASE III: Validación de la Información**

#### **3.3.1 Validación de la Información**

La validación inicia con exposiciones a públicos seleccionados e interesados en el tema donde los resultados obtenidos de las ayudas gráficas y lo analizado dentro de la VT son debatidos. Asimismo las divergencias en resultados son planteadas en preguntas de forma calificativa para ser respondidas por un grupo seleccionado de expertos en disciplinas relacionadas a los EVs. Estos actores fueron los encargados de validar la información inconcluyente tal como: los supercondensadores como tecnología emergente, determinar el tipo de aplicación de acuerdo al tipo de uso, definición de los sistemas de recarga de acuerdo al usuario y las características principales de las baterías.

Como parte de la definición de la metodología se delimita la zona geográfica y el horizonte de tiempo. La primera es delimitada en Colombia, específicamente en Bogotá, no como una ciudad que caracterice al resto de las ciudades, sino que por ser la capital es la ciudad donde se puede llegar a dar más rápido la transición a la masificación. La segunda la ventana de tiempo se parte en tres (3); corto, mediano y largo plazo. Cada uno de los

anteriores se establece para un tipo de uso o un porcentaje de cambio del parque automotor.

Para el estudio de la implementación de los Vehículos Eléctricos en Colombia, específicamente en Bogotá, se realizaron tres (3) Rondas Delphi, dos de estas por medios de encuestas y una como taller.

Los temas relacionados dentro de las Rondas Delphi fueron: las tecnologías aplicables en Colombia de acuerdo al uso (particular o público), las tecnologías periféricas (principalmente las baterías), los centros de recarga y los impactos que se pudieran presentar al momento de la implementación masiva de los EVs en Colombia.

El desarrollo de la PT se llevó a cabo mediante 3 Rondas descritas a continuación:

### ***3.3.1.1 Primera Ronda Delphi***

En el Anexo C se describen las preguntas y respuestas realizadas al grupo de expertos seleccionados para esta actividad. En este mismo anexo se encuentra la información ampliada sobre los integrantes y los parámetros para el desarrollo de esta primera Ronda Delphi. Las conclusiones clasificadas por los temas definidos desde el principio se muestran a continuación.

#### **3.3.1.1.1 Conclusiones Primera Ronda Delphi**

Los resultados de la primera Ronda Delphi de acuerdo a las respuestas de los expertos<sup>12</sup> son los siguientes:

#### **Tecnologías aplicables en Colombia de acuerdo al uso**

- La tecnología recomendada para los vehículos de transporte público masivo es la HEVs, como segunda opción los BEVs.

---

<sup>12</sup> Toda la información del grupo de expertos está en los Parámetros para desarrollo de Vigilancia Tecnológica Anexo C.

- El caso de transporte público liviano y particular liviano no se cuenta con una clara convergencia entre las opiniones. Para este caso se destacan los HEVs seguidos de los PHEVs y los BEVs con el mismo porcentaje.

### **Tecnologías periféricas**

- No se presenta claridad en cuanto a la tecnología de mayor desarrollo alrededor de los EVs.
- Se detectan los supercondensadores como tecnología emergente para el reemplazo de las baterías convencionales.
- No se presenta una característica relevante de las baterías de EVs.

### **Tipos y Centros de recarga**

- La recarga lenta (230 V 16 A, tiempo entre 6 y 8 horas) es el resultado obtenido dentro de la consulta para vehículos particulares.
- Para vehículos de uso público liviano se resalta la opción de recarga semi – rápida (400 V a 64 A, tiempo entre 3 y 4 horas).
- Se recomienda la instalación de centros de recarga en garajes privados para vehículos particulares.
- Para vehículos livianos de uso público se resalta la opción de estaciones de servicio de recarga público (vías).
- La recarga para vehículos de uso público masivo se recomienda los garajes de flotas privadas.

### **Impactos**

- De los impactos identificados no se resalta ninguno como el de mayor importancia para la implementación de los EVs en Colombia.

Los resultados obtenidos en esta primera ronda se encuentran temas que siguen siendo inconcluyentes, por lo que se plantean de forma directa, tal como se especifica en el Anexo C, en la segunda Ronda Delphi.

### ***3.3.1.2 Segunda Ronda Delphi***

El nuevo cuestionario obtenido de las respuestas de la ronda anterior se encuentra en el Anexo C. Luego de procesamiento de los resultados de la primera encuesta, se determinó un nuevo cuestionario con preguntas que no mostraron unanimidad. Esta encuesta más corta, tiene solo dos alternativas con opción de explicación de la respuesta. Las conclusiones se exponen a continuación:

#### **3.3.1.2.1 Conclusiones Segunda Ronda Delphi**

De esta Segunda Ronda Delphi en la que participaron algunos de los expertos de la primera Ronda, se puede concluir lo siguiente:

#### **Tecnologías aplicables en Colombia de acuerdo al uso**

- Se reafirma que la tecnología para vehículos livianos de uso particular apropiada es la de BEVs, recomendando el “city-car” como una opción viable para Bogotá. No obstante se debe optimizar el tema de la Batería en costo, tamaño y autonomía.
- Se recomienda HEVs para implementarlos en el inicio de la implementación de vehículos livianos y masivos de uso público. Esto con el fin que el usuario no dependa de un solo combustible. En caso de optimizar la autonomía de las baterías y por el uso los BEVs serían otra tecnología recomendada para implementarla en Colombia.

### **Tecnologías periféricas**

- En general se reafirma que hace falta desarrollo en cada una de las tecnologías periféricas planteadas.
- La más representativa sigue siendo la batería. La capacidad de almacenamiento y el ciclo de carga son características importantes, sin embargo se resaltan también características como seguridad, costo, tamaño y ubicación en el vehículo, vida útil, autonomía y disposición final.

### **Tipos y Centros de Recarga**

- Las infraestructuras de recarga, sobre todo para vehículos de servicio público, dependería gran parte de los gobiernos locales para la concesión de vías.
- En general para este tipo de uso debe ser rápida, independiente de si es masivo o liviano, pues el tiempo implicaría pérdida de dinero.
- Se debe unificar el tema de los conectores de recarga por lo menos para particulares.

### **Impactos**

- Se concuerda que el principal impacto es el que involucre al ser humano, bien sea ambiental o tecnológico.
- La reducción del material particulado se obtendría con la implementación en una gran parte del parque automotor. Se recomienda iniciar este estudio de reducción de material con el servicio público.
- La educación es uno de los factores más importantes en cuanto a los impactos, se deben inculcar nuevos conceptos encaminadas al uso de tecnología como la de los EVs.
- Se plantea estudiar la disposición de uso final de los elementos de los vehículos de combustión Vs. las ventajas de la penetración de los EVs, de esta manera evaluar el beneficio real de la implementación.

En la Segunda Ronda Delphi se destacó un tema de gran importancia entre los encuestados. De acuerdo a ellos los incentivos es el tema de mayor interés y delicado de tratar. La introducción a una nueva tecnología que requiere de una inversión inicial alta, debe ser incentivada o subsidiada junto con estrategia de cambio cultural que se pretende. Asimismo al proporcionar los incentivos se fortalecen las políticas ambientales y la regulación para la adquisición.

El gobierno debe establecer incentivos y normatividad adecuada dentro de un marco global teniendo en cuenta las políticas del exterior y contextualizándolas con la actualidad colombiana.

### ***3.3.1.3 Tercera Ronda Delphi – Taller de expertos***

La tercera Roda Delphi se realiza por medio de un taller desarrollado el 14 de Agosto de 2013 en las instalaciones de la Universidad Nacional con representantes de la Universidad Nacional, Condensa, Universidad de la Salle, Mitsubishi, Siemens, Abb, UPME, Transmilenio, entre otros<sup>13</sup>.

El taller estuvo compuesto de dos sesiones; en la primera se realizó una socialización de las investigaciones que se tenían hasta la fecha. En la segunda intervención, se realizó un debate con base en las investigaciones socializadas y en premisas alrededor de los EVs. Esta socialización sirvió para conocer las opiniones de los participantes y que estos a su vez conocieran las opiniones de los otros. Los diferentes puntos de vista generaron debates que fueron clasificados en seis (6) principales temas.

#### **3.3.1.3.1 Principales Conclusiones del Taller**

Las principales conclusiones y comentarios se resumen y clasifican en los siguientes 6 temas mostrados a continuación:

---

<sup>13</sup> El listado de asistentes a este taller se encuentra en el Anexo C.

### **Incorporación de nuevas Tecnologías en un País como Colombia**

- ☞ Por la capacidad de generación de energía eléctrica con la que se cuenta en Colombia se debería incorporar e investigar sobre este tipo de tecnologías.
- ☞ La cultura colombiana y los acuerdos internacionales actuales, son dos aspectos para que Colombia vaya a la vanguardia en los desarrollos tecnológicos.
- ☞ Se debe tener en cuenta el desarrollo de la red de distribución para que al momento de implementar la tecnología no falle por falta de capacidad en las redes.
- ☞ En la actualidad el país no cuenta con un estudio aplicado sobre la capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías. La tecnología llega y los colombianos no está preparada para el cambio.
- ☞ En casos de tecnologías similares ha salido más caro que los sistemas se acoplen a la tecnología. Se propone un estudio para conocer en este caso que saldría más caro, que el sistema se acople a la tecnología o viceversa. Este estudio evitaría que la tecnología fallara en una mala implementación.
- ☞ Se debe tener claro al momento de la implementación que países como Colombia, tiene mayor capacidad de adaptación a la tecnología que de investigación y desarrollo.

### **Sistemas de Recarga**

- ☞ La implementación de los sistemas de recarga en Colombia de EVs y de sistemas de recarga se va a iniciar en el sector público en proyectos pilotos.

- ☞ Uno de los temas fundamentales es que se cuente con la infraestructura adecuada en sistemas de recarga para que se tenga más confiabilidad en el momento de la implementación en otros sectores de consumo.
- ☞ Los sistemas de recarga, incluyendo los plugs, deben ser estandarizados a nivel nacional, tal que el usuario se pueda movilizar por todo el territorio sin restricciones de este tipo.
- ☞ Las empresas comercializadoras deben proporcionar los sistemas de recarga tal que satisfaga la demanda en el momento de implementación. Asimismo debe controlar los sistemas de recarga en casa de forma regulatoria y monetaria.

### **Marco regulatorio e incentivos**

- ☞ Los incentivos por parte del gobierno son claves para la incursión de la tecnología en el país. Tipo de incentivos (usuarios - comercializadores) expuestos durante el taller:
  - Concesión de espacios públicos para los sistemas de recarga
  - Producción y ensamble nacional
  - Recambio de tecnología – bonos
  - Publicidad visual exterior
  - Circulación – movilidad
- ☞ Una opción para la incorporación de los EVs es realizar el plan recambio, con esto se compensaría el gran costo de la inversión inicial.
- ☞ Se debe incluir el marco regulatorio en el RETIE, y en las normas colombianas actuales vigentes.
- ☞ Se debe tener una trazabilidad entre gobiernos para que los proyectos se implementen correctamente. En la actualidad no existe este trámite, por lo que incentivos o ejecuciones quedan a medias, perjudicando los proyectos de gran inversión inicial.
- ☞ Los incentivos deben estudiarse y aplicarse por nicho o sector, esto se debe a que cada uno presentará un problema de acuerdo a su necesidad.

**Factor ambiental y social**

- ☞ Partiendo de la base de que las nuevas generaciones son más conscientes sobre las condiciones ambientales, cambio climático y eficiencia energética, se identifican personas entre los 25 y los 34 años como usuarios potenciales de esta tecnología.
- ☞ La implementación de este tipo de vehículo reduciría el índice de mortalidad de niños por intoxicación por material particulado.
- ☞ Se propone incentivar en estratos bajos y de esta manera generar una fuente de empleo.

**Factores económicos**

- ☞ Para la implementación, en cualquiera de los sectores, es importante tener en cuenta los costos iniciales tan elevados que se requieren. En el caso del transporte público masivo, en un primer análisis<sup>14</sup>, se obtuvo que el valor inicial del bus no se compara con el de operación.
- ☞ De acuerdo a los precios internacionales con los que se están trayendo los EVs, se estima que los que invertirían en este tipo de vehículo tienen que tener una capacidad de adquisición bastante alta (aproximadamente el 5% de la población colombiana). Esto disminuye considerablemente la cantidad de población a quien se dirigiría el mercado.

**Propuestas de comercialización – empresa e investigación**

- ☞ A Colombia llegan los vehículos con estándares internacionales. Para evitar una adaptación forzada se debería desarrollar tecnología que se acople a las condiciones regionales. En este caso, el gobierno podría incentivar la industria nacional aprovechando plantas existentes.

---

<sup>14</sup> No se cuenta con los resultados del estudio por la entidad que lo realizó.

- ☞ En su gran mayoría, este tipo de estudios se reservan para entidades privadas o la divulgación se deja para grupos muy reducidos. Se recomienda que se involucren todos los agentes que intervienen en estos desarrollos en pro de la implementación de los EVs.

### **Temas relevantes para profundizar**

Los participantes en el taller expresaron temas relevantes alrededor de los EVs. Cada uno de estos inclinados de acuerdo a sus áreas de interés. Entre éstos se resaltan los siguientes:

- Enfatizar los beneficios ambientales, costo - beneficio
- Focalizar las dimensiones y costos de la tecnología en la actualidad
- Almacenamiento de energía, control y medida
- Modelo económico de la adquisición de los EVs parámetros operativos de funcionamiento incentivos para la implementación
- Infraestructura – tecnología. Requerimientos de conexión en edificaciones
- Liderazgo desde el estado para definir políticas a largo plazo
- Normatividad e incentivos del estado
- Adaptabilidad de la tecnología a las condiciones de la ciudad
- Seguridad de los usuarios de EVs
- Agente gestor de la recarga de EVs. Posibilidad de desarrollo de EV propios y ajustados a las condiciones colombianas

#### ***3.3.1.4 Síntesis de Rondas Delphi sobre Implementación EVs***

Los planteamientos y conclusiones de las tres (3) Rondas Delphi se sintetizan por tema de la siguiente manera: en la Figura 3-5 se muestra el tipo de EV sugerido para cada uso de acuerdo a sus características; en la Figura 3-6 se presenta el tipo de recarga y la infraestructura según las necesidades e inquietudes manifestadas por el tipo de usuario. En esta se hace énfasis a la importancia de la intervención del gobierno para que se garantice la infraestructura de acuerdo a la demanda.

En la Figura 3-7 se resalta claramente la falta de desarrollo en las tecnologías periféricas, principalmente de las baterías. En este caso particular, en la tercera ronda, se plantean temas principales que deben ser trabajados por los grupos de investigación, de modo que lleve a una maduración en la tecnología apropiada para los EVs. Finalmente, en la Figura 3-8 se presenta una síntesis sobre los impactos identificados desde varias áreas del saber, alrededor de la implementación de los EVs.

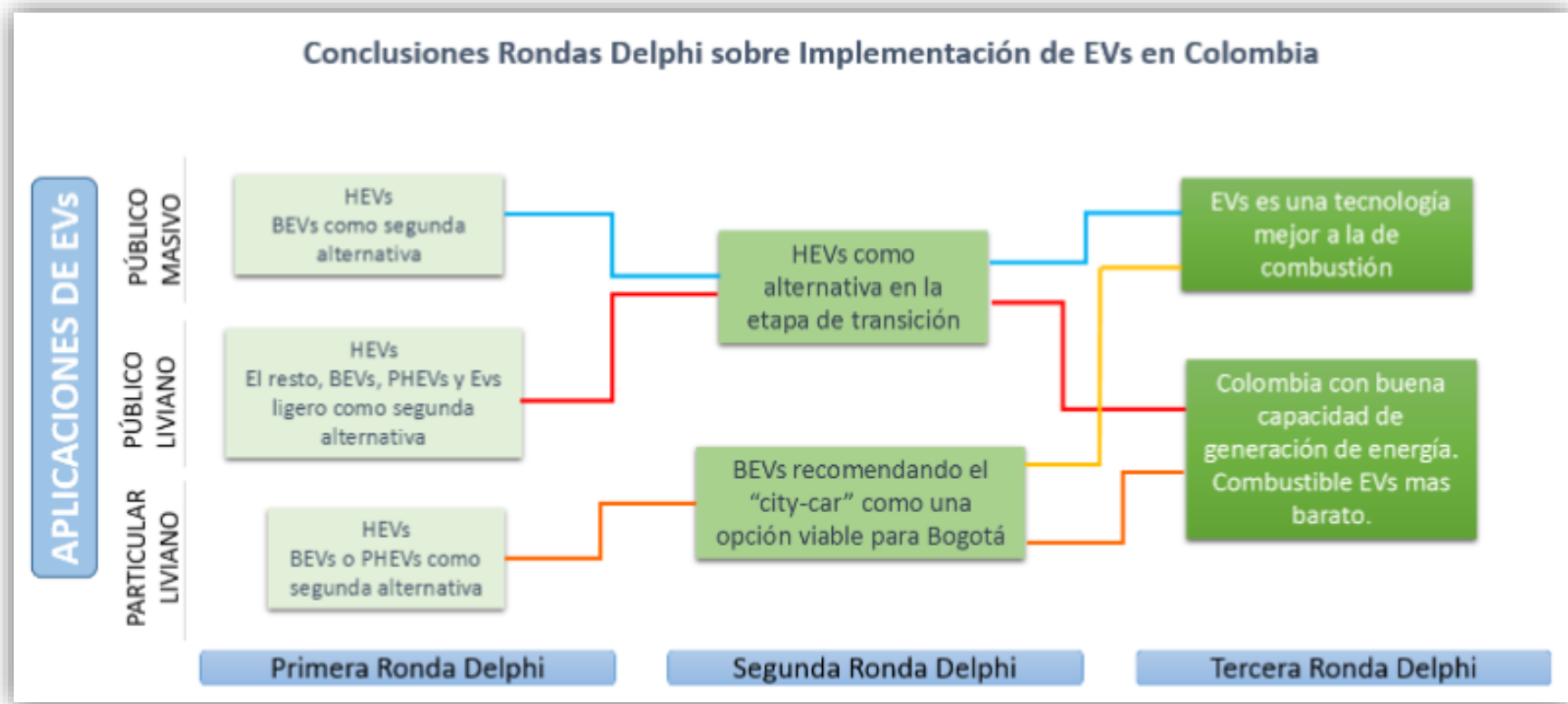


Figura 3-5. Síntesis resultados Rondas Delphi – Aplicaciones EVs

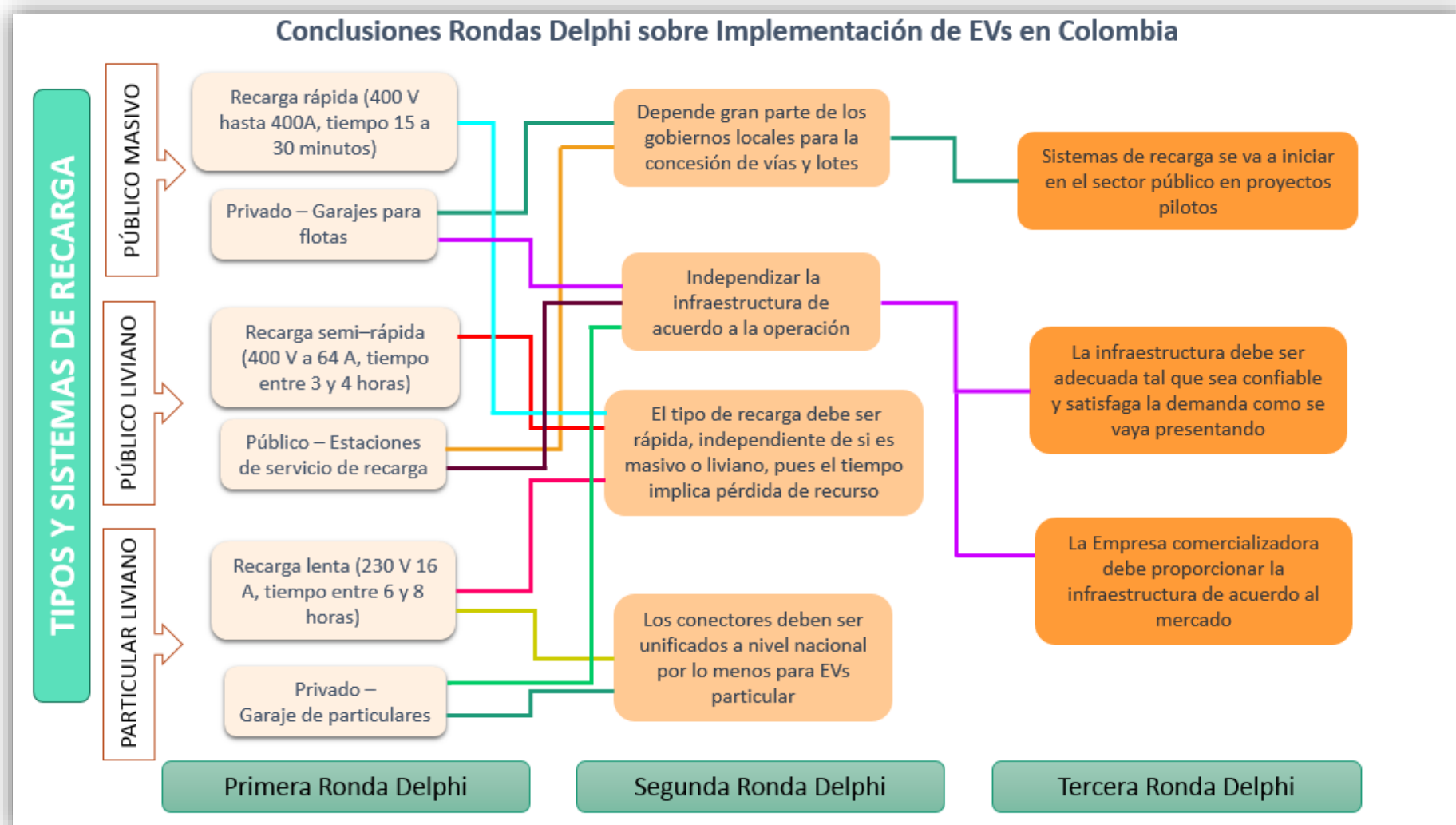


Figura 3-6. Síntesis resultados Rondas Delphi – Tipos y Sistemas de Recarga

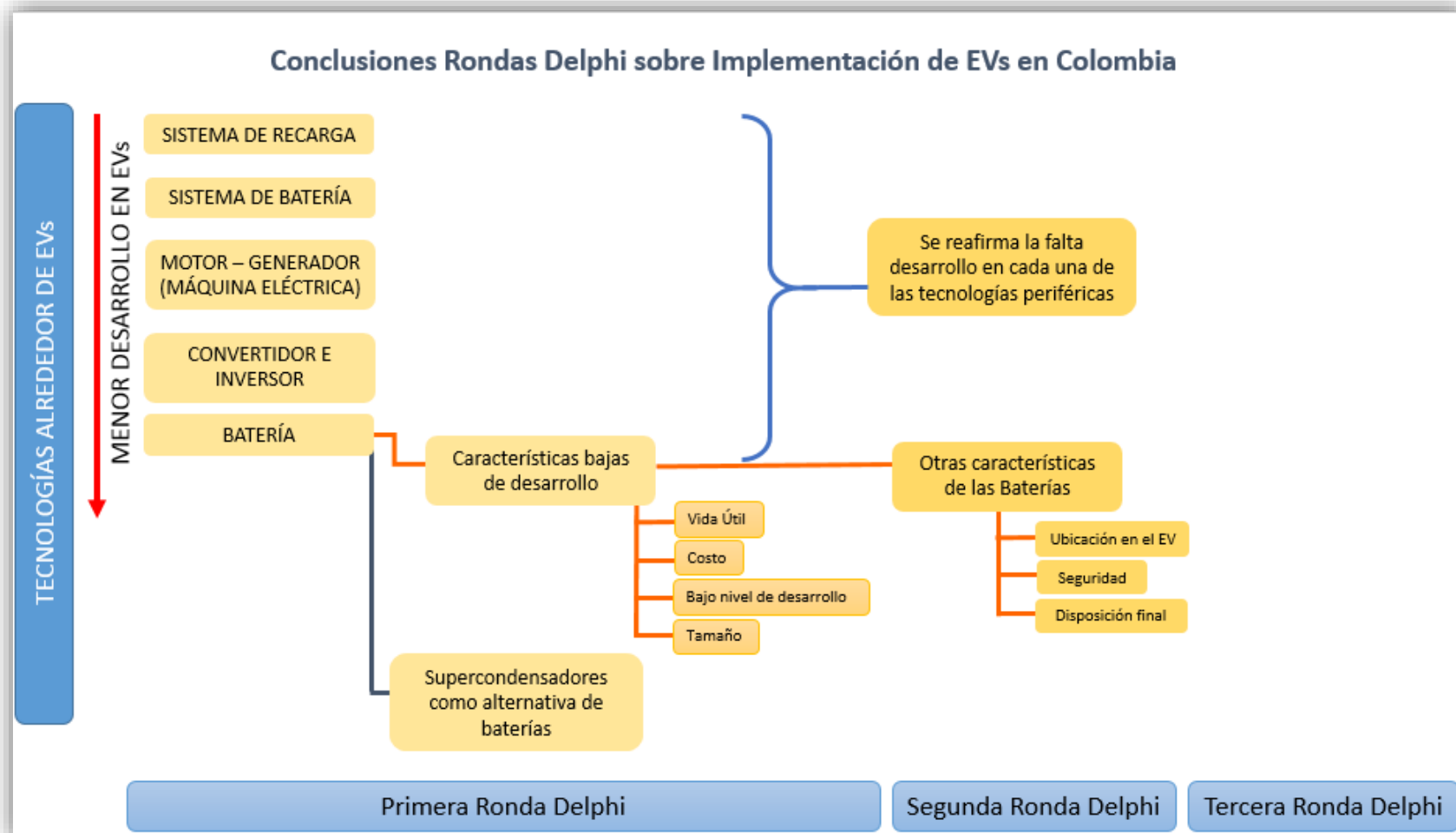


Figura 3-7. Síntesis resultados Rondas Delphi – Tecnologías Periféricas

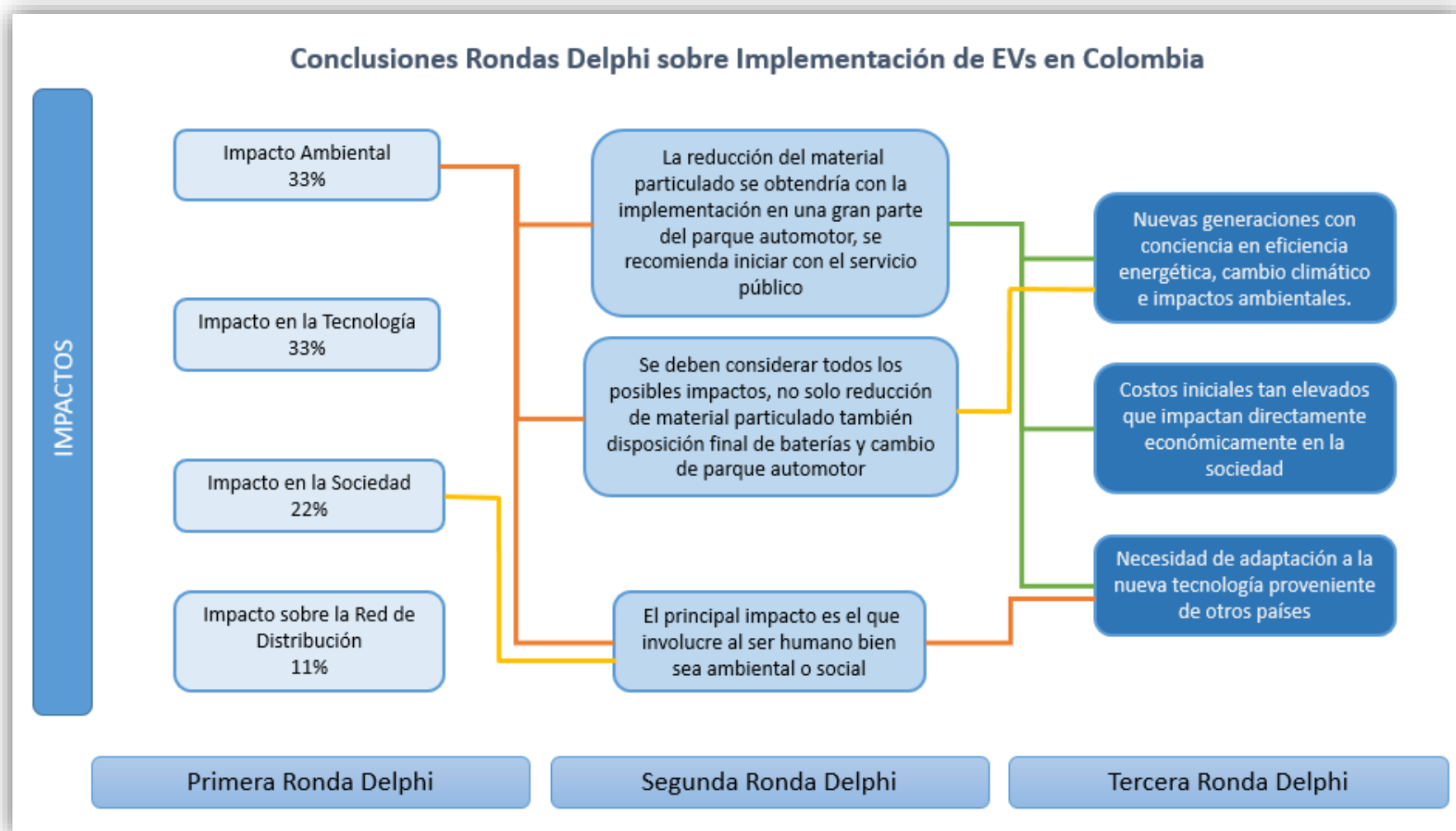


Figura 3-8. Síntesis conclusiones Rondas Delphi Impactos de la Implementación de EVs

### **3.3.1.5 Escenarios Planteados para la Implementación de EVs en Colombia**

Para la determinación de los escenarios se establecieron los siguientes parámetros:

- El horizonte de tiempo de 17 años, es decir año 2030. Este tiempo fue establecido posterior a una de la Rondas Delphi.
- Los tipos de escenarios que se plantearon fueron normativos (optimistas, pesimistas) por la naturaleza del enfoque de la implementación.
- Las dos variables identificadas como de gran influencia sobre la implementación de los EVs son; *la existencia o no de incentivos y el desarrollo de la tecnología*. Estas dos variables serán los ejes para la definición de los escenarios, de esta manera los cuatro cuadrantes estarán determinados de la siguiente forma:
  - A. Primer Escenario:** Incentivos para la implementación con un buen desarrollo de las tecnologías sobre EVs.
  - B. Segundo Escenario:** Un buen desarrollo tecnológico de las tecnologías alrededor de los EVs, pero sin incentivos para la implementación.
  - C. Tercer Escenario:** Incentivos para la implementación de los EVs, pero sin un buen desarrollo de la tecnología alrededor de los EVs.
  - D. Cuarto Escenario:** Implementación sin un buen desarrollo tecnológico alrededor de los EVs y sin incentivos por parte del gobierno.

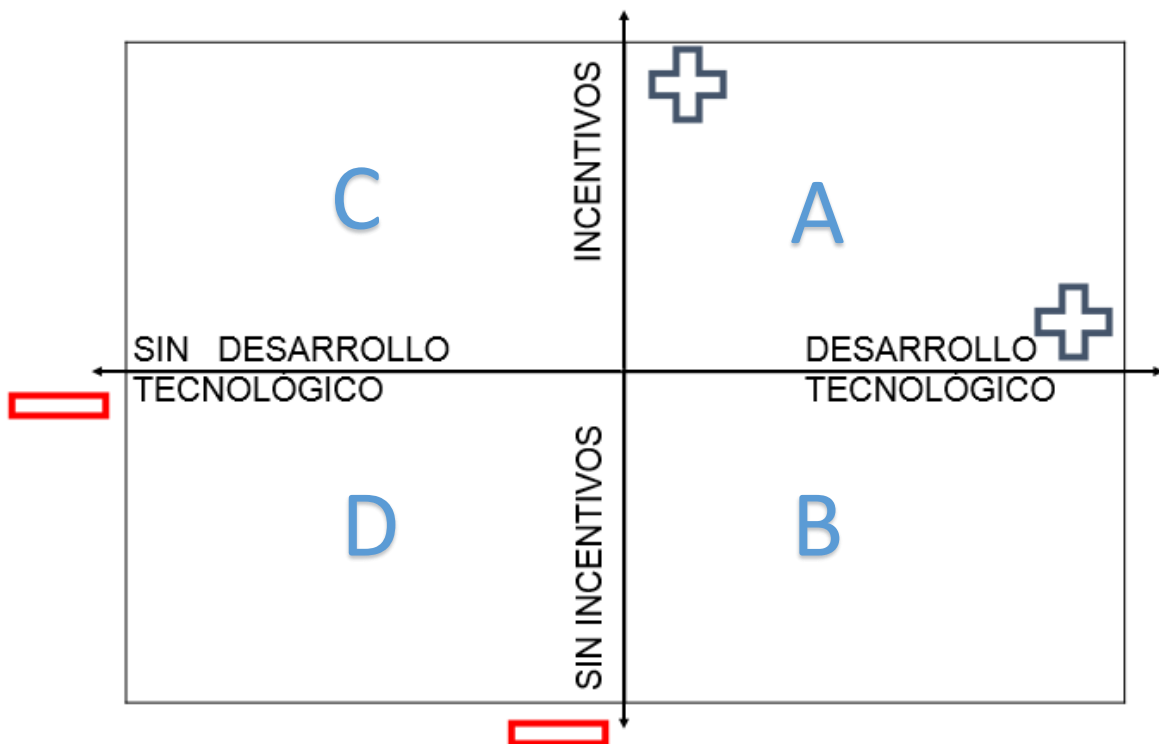
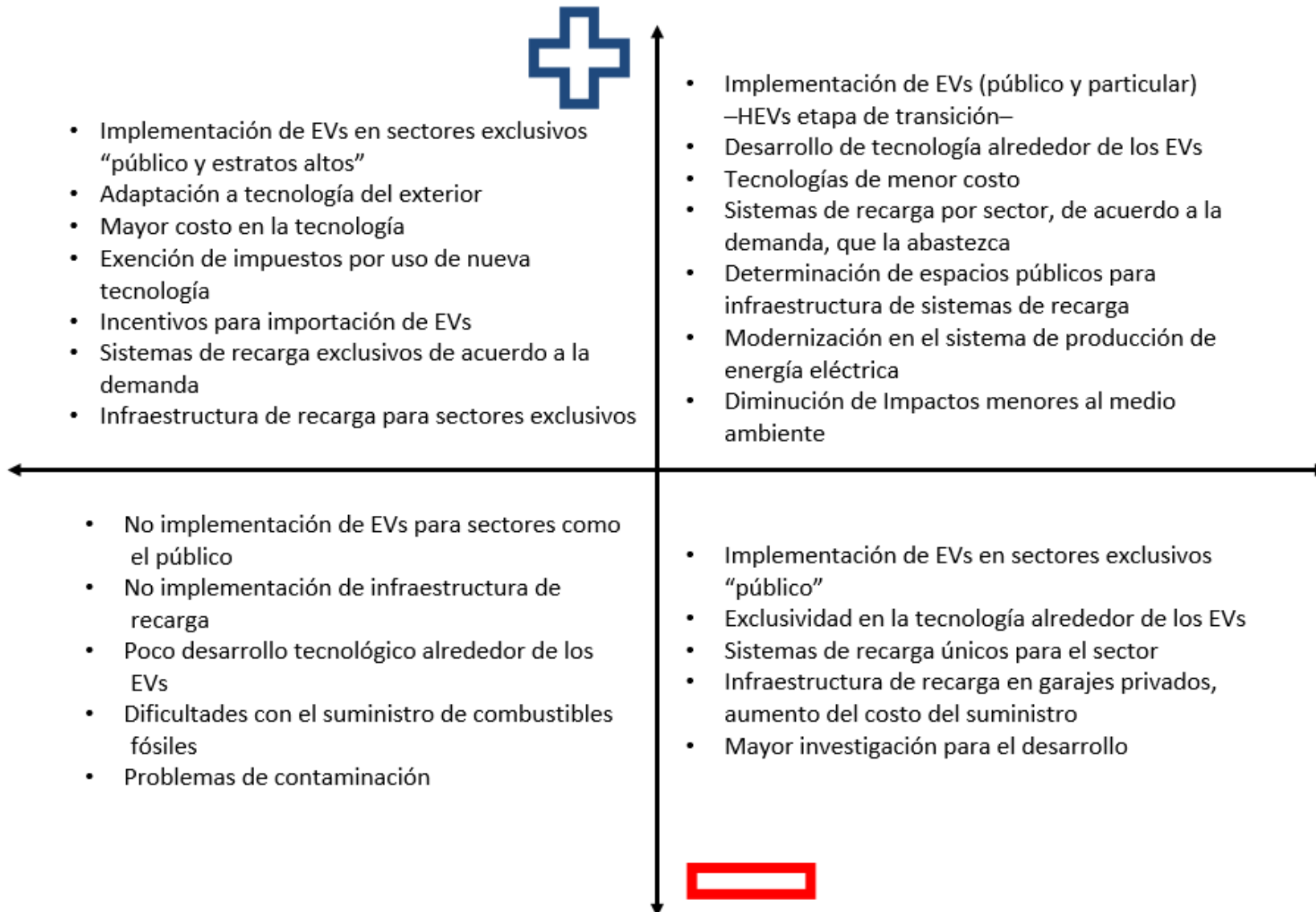


Figura 3-9. Cuatro escenarios para la Implementación de los EVs

### 3.3.1.5.1 Características de los Escenarios Planteados

Las características de los cuatro (4) escenarios fueron obtenidas como resultados de los procesos anteriores como el de la VT y la PT. Estas características están en función de las dos variables identificadas, teniendo en cuenta cada factor descrito en la VT (sistemas de recarga, tecnologías como batería, frenos regenerativos, etc.).

Asimismo se estiman factores como el ambiental el social que no son estudiados estadísticamente como los otros planteados.



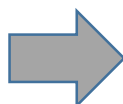
### **3.4 FASE IV: Difusión de Resultados**

La difusión de resultados se realiza mediante exposiciones a personas interesadas en el tema así como las exposiciones a los grupos de expertos a manera de debate.

Por otra parte la propuesta de transferencia tecnológica para la *Implementación de los EVs en Colombia* que complementa la fase de difusión se presenta a continuación.

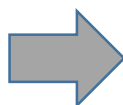
## TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN EVs Y TECNOLOGÍAS PERIFÉRICAS

FOMENTAR LA  
CREACIÓN DE EMPRESAS



- Identificando plantas y fábricas que puedan adecuar su infraestructura, de forma que direccionen su producción a la industria de EVs y las tecnologías periféricas.
- Promocionando incentivos o créditos impulsado por el gobierno, tal que estas industrias puedan producir e innovar.
- Promoviendo en las universidades la creación de empresa.

PROMOCIONAR LA  
TRANSFERENCIA  
TECNOLÓGICA



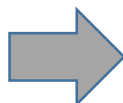
- Identificando las necesidades de la sociedad.
- Crear políticas que permitan hacer llegar el conocimiento generado a los diferentes sectores de la sociedad.
- Formulando políticas que protejan las empresas nacionales como beneficios tributarios o créditos condonables en pro de los desarrollos.

PROMOVER LA  
EXCELENCIA ACADÉMICA



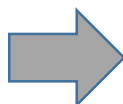
- Evaluando los planes de estudio de las universidades de forma que se adapten a las nuevas necesidades y desarrollos tecnológicos.
- Promoviendo estudios que desarrollen las tecnologías identificadas como potenciales para el desarrollo.
- Creando intercambios educativos que permitan adquirir conocimiento que se pueda adaptar en Colombia.

PROMOVER LA  
RELACIÓN UNIVERSIDAD  
– EMPRESA



- Influir para que el sector productivo invierta en la investigación y desarrollo.
- Incentivando a que la academia proporcione herramientas a la industria que permitan desarrollar productos o servicios que compitan con productos extranjeros.
- Creando espacios que permitan a los empresarios y educadores interrelacionar sobre educación e investigación y desarrollo.

TENER ALIANZAS PARA  
OBTENER Y COMPARTIR  
RECURSOS



- Organizando congresos, ferias y eventos internacionales de forma que se puedan generar consorcios que promuevan el desarrollo tecnológico.
- Desarrollando proyectos que promuevan el desarrollo tecnológico.

## **3.5 Metodología para la Transferencia Tecnológica**

Las sugerencias planteadas en esta metodología se encuentran en fase de aprobación y verificación.

### **3.5.1 Elección**

El proceso de elección de la tecnología se basa en un principio en los modelos ofertados en la Tabla 3-5. Las tecnologías periféricas no entrarían en esta etapa puesto que aún el mercado no se ha consolidado, de esta manera sólo se tendría en cuenta los EVs para las distintas aplicaciones. Los modelos escogidos deben satisfacer las necesidades de los usuarios colombianos, y encontrarse dentro de los parámetros económicos de acuerdo a los vehículos de combustión. Dentro de esta selección se encuentran los BEVs y los HEVs tanto para transporte masivo como público.

Bajo el mismo lineamiento, la elección de los sistemas de recarga dependerán de los ofertados en el mercado y de los EVs adquiridos de acuerdo a los grupos en donde se implemente. Conforme a lo propuesto se tendrían sistemas de recarga para flotas de vehículos de uso público masivo y liviano, y otro tipo de sistemas de recarga para el uso de vehículo particular.

### **3.5.2 Adquisición**

La Adquisición es un proceso sistemático que interviene principalmente en tres (3) líneas: tecnologías de EVs, de sistemas de recarga y de tecnologías alrededor de los EVs. Ésta varía de acuerdo a la cantidad del parque y del sector donde se implementen los EVs. De acuerdo a lo anterior la adquisición para los tres (3) tipos de uso serán tecnologías comerciales y de fabricación internacional debido a la falta de infraestructura en Colombia para la fabricación de EVs.

Adicionalmente se deberá realizar la adquisición de la infraestructura adecuada para el mantenimiento y el estudio de las distintas tecnologías adquiridas, de modo que no se

tenga que depender de las industrias internacionales al momento del mantenimiento, y en cierta medida se impulse la investigación en los diversos campos.

### **3.5.3 Adaptación**

La adaptación es un proceso que depende en gran parte de la sociedad, si está dispuesta o no, y si desea realizar los cambios a sus tecnologías y costumbres. Para la adaptación es necesario efectuar procedimientos de transferencia física donde se proporcione el conocimiento y luego se realice una evaluación que permita retroalimentar el proceso de adaptación.

Esta etapa parte de las dos anteriores puesto que la adaptación debe hacerse a la tecnología elegida y posteriormente adquirida. A continuación, de forma casi paralela, se deben crear técnicas de mantenimiento y adaptación de fabricación del modo que permita el futuro diseño y construcción local de industrias que proporcione el estudio y desarrollo de tecnologías. Este tipo de metodologías son el conocimiento base para transmitir a la academia y a la industria de manera que hagan parte de procesos de enseñanza y de producción.

### **3.5.4 Absorción y Asimilación**

La absorción es la capacidad del receptor de absorber tecnología de un sector y la asimilación es la capacidad de analizar, procesar, interpretar, entender y utilizar la tecnología absorbida en otro sector [39]. Bajo esta premisa los usuarios deberán forjar sus habilidades en dos principales áreas; la primera en lo referente a los EVs, su funcionamiento, dispositivos, accesorios y otras tecnologías que lo componen. La segunda en conocimientos para desarrollar, conservar, manejar y mantener la tecnología, y de esta manera adaptarla al entorno local.

El conocimiento direccionado a la tecnología deberá ser transmitido por gente capacitada en los temas relacionados. Este conocimiento deberá ser liderado por las áreas de

investigación y por los promotores del mercado de forma que la información transmitida sea actual, de esta forma se deberá transmitir el conocimiento a los usuarios y a los futuros encargados del mantenimiento y/o desarrollo de la nueva tecnología.

### **3.5.5 Aplicación**

La aplicación incorporará las tecnologías elegidas y adquiridas junto con lo absorbido y asimilado tanto de la industria como de la academia. Las pruebas pilotos en sectores específicos, seguirán siendo la mejor alternativa para la penetración de la tecnología. La incorporación deberá ser sistemática por sectores de forma que la infraestructura de recarga y las tecnologías periféricas abastezcan las necesidades de cada sector.

De acuerdo a lo anterior, las pruebas pilotos por sectores evitarán en cierta medida que la penetración de la tecnología no genere una gran inversión inicial, sino que el proceso sea sistemático.

### **3.5.6 Difusión y Desarrollo**

La difusión debe involucrar personas de centros educativos de nivel técnico, profesional y especialistas, empresas promotoras de la tecnología y las entidades gubernamentales correspondientes. Los tres (3) organismos, desde su potestad deberán capacitar y difundir el conocimiento de forma que al final se complementen los conceptos y se generen futuras necesidades en pro del desarrollo de la tecnología.

Es importante vincular personas con diferentes intereses, que tenga formación académica, de mercado, de regulación, entre otros, para que puedan actuar como vigías del conocimiento y de esta manera depure y retroalimente la etapa de difusión.

El proceso de difusión debe realizarse mediante los mecanismos descritos en el numeral 1.3.4 de este documento. Para empezar se deben usar canales informales como conferencias de ciencia y tecnología, ferias, exposiciones, artículos y revistas, de modo que la ciudadanía (usuarios potenciales) empiecen a conocer los EVs.

Los fondos en principio convendrían ser mixtos, es decir abiertos y cerrados. Por un lado el gobierno como parte de la incursión de esta tecnología podría apoyar campañas para la transferencia, y por medio de los centros educativos estatales impulsar el concepto mediante incursión de materias al respecto y programas de capacitación. Por otro lado dentro de las empresas comercializadoras de energía y de vehículos proporcionar capacitaciones y patrocinar entidades de manera que se pueda transferir el conocimiento.

### **3.5.7 Diagrama de Flujo Metodología Transferencia para la Implementación de EVs**

El siguiente flujograma mostrado en la Figura 3-10 describe la metodología propuesta para la transferencia tecnológica. Éste correlaciona los factores, procesos e instituciones importantes dentro del proceso. En este sentido se resalta la relación universidad – empresa, de modo que se puedan tener nuevos desarrollos alrededor de los EVs, obtenidos de la retroalimentación de las necesidades y requerimientos.



De manera particular el flujograma para la transferencia tecnológica se plantea de acuerdo al siguiente esquema de la Figura 3-11. Este diagrama de flujo tiene en cuenta el sector y los requerimientos específicos conforme a las necesidades propias, evitando que procedimientos como la elección, origine a fracasos prematuros en la implementación.

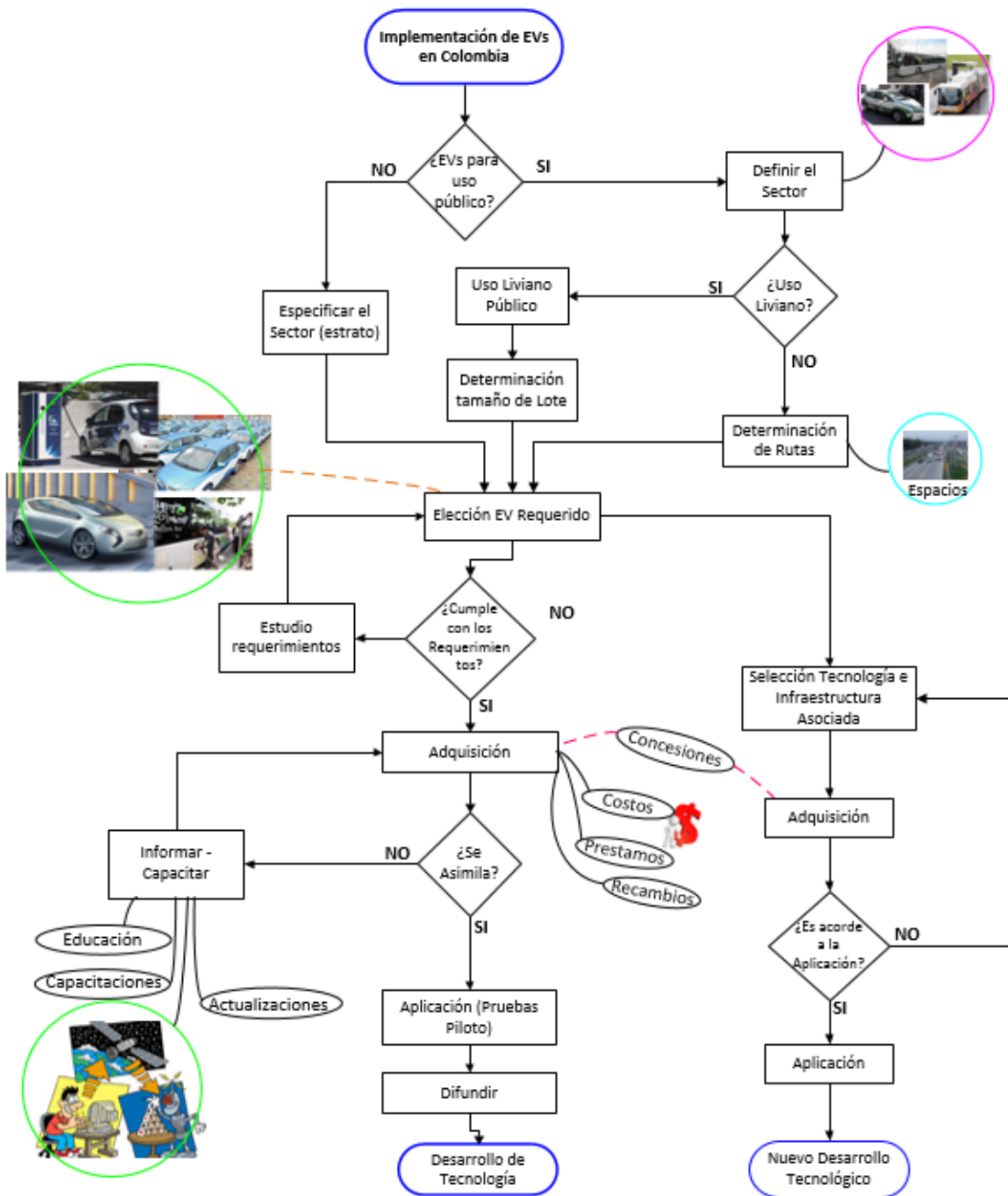


Figura 3-11. Planteamiento para Elección EVs

## **4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **4.1 Conclusiones**

La implementación de las metodologías consultadas presenta una ventaja considerable en la incursión de nuevas tecnologías y desarrollos en el país. De este modo, se pueda evitar la penetración de tecnologías de baja calidad, o que no sean apropiados.

La disminución de la brecha tecnológica que existe actualmente en Colombia, se puede lograr fortaleciendo los factores claves para la implementación de estas metodologías. La gestión humana, compuesta por gestores, asesores y expertos, y el apoyo económico de origen público y/o privado, fortalecerían el desarrollo y la ejecución de tecnologías apropiadas para un país como Colombia.

#### **4.1.1 Vigilancia Tecnológica**

Los desarrollos tecnológicos alrededor de los EVs desde el ámbito investigativo y de propiedad intelectual están dirigidos principalmente a las baterías y a la infraestructura de recarga. Los temas con mayor cantidad en publicaciones científicas son los supercondensadores, clasificados dentro de los sistemas de almacenamiento de energía, y en los convertidores e inversores clasificados dentro de los temas de infraestructura de recarga.

Los centros educativos y de investigación que registran el mayor número de publicaciones científicas están ubicados principalmente en países europeos, Estados Unidos y China; el registro de patentes se concentra en Japón y Alemania. Al comprar países con mayor número de publicaciones de artículos y patentes, junto con los países productores de vehículos de combustión, se evidencia que son los mismos. Estos países son los siguientes: China, Estados Unidos, Japón, Alemania, Corea del Sur, España y Francia.

Lamentablemente la participación de Latinoamérica, y en especial de Colombia, no entra dentro de las estadísticas mundiales y esto hace que Colombia sea un país más consumidor que productor e investigador.

El interés de investigación sobre EVs para uso masivo prima sobre vehículos de EVs para uso particular, sin embargo las primeras tecnologías asociadas son desarrolladas y comercializadas para uso particular.

En este ejercicio se evidencia la falta de relación universidad – empresa. Los registros de patentes como de artículos científicos demuestran que aún no existe esa relación que permita a las empresas apoyarse en las universidades para el desarrollo de nuevas tecnologías, y a las universidades apoyarse en las empresas para patrocinio y enfoque de investigación en temas de mercado.

Las redes inteligentes y el consumo de energía son dos temas de interés que relacionan directamente la implementación de EVs. El primero incluye a los EVs dentro de su esquema de operación mientras que el consumo de energía lo asocia al uso racional de energía y disminución de gases para evitar los gases de efecto invernadero.

#### **4.1.2 Prospectiva Tecnológica**

La mayor barrera general entre usuarios, comerciantes y fabricantes sobre la implementación de EVs en Colombia, es el bajo desarrollo de las tecnologías que existen alrededor de los EVs. Aún no se cuenta con una maduración en la tecnología que permita la penetración en un corto o mediano plazo en Colombia.

De acuerdo a los resultados de la VT, y posteriormente de PT, las baterías para EVs es la tecnología con el menor desarrollo, pese a tener registros de investigación de cada una de sus características a nivel particular.

Los HEVs son la tecnología adecuada para implementarla en los tres (3) tipos de usos planteados dentro del alcance, en especial en la etapa de transición. Éstos permiten que el

usuario tenga una alternativa de combustión en momentos de uso prolongado. Cuando los EVs tengan un mayor desarrollo y la infraestructura esté más consolidada, la tecnología ideal son los BEVs, en especial para el uso de particular liviano.

La infraestructura de recarga debe contar con conectores unificados a nivel nacional de forma que pueda existir la traslación de vehículos intermunicipalmente. De igual manera la infraestructura debe ser confiable rápida y sobre todo debe satisfacer la demanda de acuerdo a la tendencia de penetración. Este tipo de infraestructura la debe proporcionar las empresas comercializadoras en conjunto con los gobiernos locales para la concesión de vías y espacios públicos.

La viabilización de la implementación de los EVs en Colombia es altamente dependiente de los incentivos y la regulación que se defina. Este marco regulatorio debe ser liderado y controlado por una entidad gubernamental tal que permita el fortalecimiento del desarrollo tecnológico y la correcta penetración de la tecnología.

Los impactos social, ambiental, económico, tecnológico y sobre la red de distribución tienen la misma proporción en importancia dentro del estudio. Sin embargo para la etapa de transición de la penetración de los EVs debe seleccionarse la tecnología adecuada de manera que los impactos no generen un estancamiento del desarrollo tecnológico. Asimismo debe trabajarse en la necesidad de adaptación a la tecnología proveniente de otros países por la misma naturaleza de ser un país consumidor más que productor y desarrollador.

#### **4.1.3 Trasferencia Tecnológica**

Se presenta la metodología de transferencia tecnológica que presenta una ventaja al momento de la penetración de una nueva tecnología y permita dar garantía de generar espacios de generación de conocimiento, mecanismo de transferencia y oportunidades de mercado local en tecnologías asociadas a EVs.

## **4.2 Recomendaciones**

Además de los temas relevantes para profundizar especificados en el numeral 3.3.1.3.1 también se resaltan temas que deberían estudiarse.

### **4.2.1 Temas propuestos**

Dentro del alcance del proyecto se incluyó el tipo de uso masivo público, no obstante posterior a la ejecución se propone la vigilancia a sistemas de transporte masivo de las principales ciudades. La particularidad de estos sistemas, en cuanto a infraestructura, requieren que se contextualice y se establezca un marco regulatorio específico para este sector.

Asimismo se propone el estudio de un proyecto piloto para la implementación de EVs en carros del sector público (vehículos de uso oficial). Estos vehículos al ser adquiridos por el gobierno, y tener un comportamiento muy similar al de particular privado, podrían ayudar para la penetración del resto del parque en este sector.

Se propone realizar un estudio de capacidad de adaptación a las nuevas tecnologías. Colombia al no ser un país productor sino consumidor debe estar preparado para asimilar los cambios y a las nuevas tecnologías.

Se plantea la realización de un estudio para identificar el punto crítico de cambio de tecnología actual a EVs teniendo en cuenta el ámbito económico, ambiental, social, tecnológico, etc.

# Anexo A. ESTUDIOS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

## A.1 Proyectos de Vigilancia Tecnológica

Algunos de los trabajos en Vigilancia Tecnológica que se han realizado en Colombia se mencionan a continuación.

<b>NOMBRE DEL ESTUDIO DE VIGILANCIA ESTRATÉGICA</b>	<b>AÑO</b>
Estudio de Vigilancia Estratégica tipo Científico Técnica sobre Aplicaciones móviles enfocadas al sector rural o historias clínicas	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en servicios de manufactura electrónica	2011
Estudio de Vigilancia Estratégica tipo Científico Técnica sobre Codiseño Hardware/Software	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica en Dispositivos Móviles tipo Tablet	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Sistemas Fotovoltaicos	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Vehículos Eléctricos de Transporte Personal	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Sistemas de Reconocimiento de Placas	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Sistemas de Rastreo GPS	2011
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica sobre métodos para el prototipado rápido de PCBs	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre tendencias de desarrollo de software para productos electrónicos	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica en sistemas inteligentes de iluminación existentes en el mercado	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre metodologías de desarrollo de productos electrónicos, comerciales y propietarias existentes en el mercado	2010

NOMBRE DEL ESTUDIO DE VIGILANCIA ESTRATÉGICA	AÑO
Estudio de Vigilancia Tecnológica en estudios de prospectiva tecnológica para la Industria Electro Electrónica de Colombia	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica en monitoreo y análisis de maquinaria para el sector de generación eléctrica y tecnologías para medición de variables en salud ocupacional	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre lubricantes para limpieza de cintas transportadoras de envasado de productos alimenticios	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica sobre productos y/o servicios ofertados por organismos homólogos al Icontec y tendencias y actores determinantes de los sectores de clase mundial y 5 locomotoras de la economía	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica sobre tendencias de la industria gráfica en servicios de valor agregado y medios electrónicos	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en nuevas tecnologías para la fabricación de jabones en barra y novedades en cuanto a productos para la industria de jabones y cosméticos	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en tendencias tecnológicas y mejores prácticas actuales en soldadura y acabados para productos en acero inoxidable para la industria de alimentos	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica sobre Carros de avance para construcción de puentes en voladizos sucesivos	2010
Nuevas Tecnologías Eficientes en Iluminación para el Sector de Alumbrado Público e Iluminación Comercial	2010
Estudio de Vigilancia Tecnológica tipo Científico Técnica en Hornos de Cocción de Cerámica Dental	2009
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre periféricos y dispositivos apticos existentes en el mercado	2009
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre portales web asociativos para la Industria Electrónica	2009
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre materiales y técnicas empleados en la fabricación de encerramientos de productos electrónicos	2009
Estudio de Vigilancia Tecnológica en Dispositivos Lógicos Programables Complejos CPLD	2008
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre tendencias de los dispositivos micro programables y lenguajes de descripción de hardware	2008
Estudio de Vigilancia Tecnológica sobre tendencias en tecnologías de diseño y actualización tecnológica de productos electrónicos	2008

## A.2 Proyectos de Transferencia Tecnológica

Bajo la metodología de Transferencia Tecnológica se ha desarrollado algunos proyectos expuestos a continuación:

1. Metodología Idea Mining, es una metodología diseñada para aprovechar oportunidades y encontrar soluciones creativas a problemas de muy diverso género que ocurren en las organizaciones. Es utilizado por empresas, entidades públicas, universidades y otras instituciones. Esta metodología fue transferida por la Universidad de Münster a la Universidad Central en el 2009 [41].
2. Red Centralista de Emprendimiento: Fortalecer los procesos de educación universitaria para formar líderes emprendedores en la Universidad [41].
3. Proyecto Hospital Vista Hermosa: Desarrollar un dispositivo tecnológico que sirva para facilitar a los cuidadores, el baño de los niños con IMOC (Insuficiencia Motora de Origen Cerebral), diseñando, construido y probado en conjunto con cuidadores y terapeutas [41].
4. Proyecto Uniminas: Diseñar e implementar un sistema de tratamiento pasivo de aguas. “Descontaminación de aguas afectadas por drenaje ácido, la empresa Uniminas es un gremio conformado por la asociación de 30 minas de carbón, que actualmente están contaminando las aguas que hacen parte de la cuenca de la laguna de Fúquene [41].
5. Física y Matemáticas: Grupo de Investigación que está desarrollando un sistema de enseñanza para fomentar el aprendizaje de la física en los colegios del Distrito mediante métodos innovadores, eficientes y competitivos, que permita mejorar el rendimiento académico en las universidades e instituciones de educación superior [41].
6. Proyecto con el Ministerio de Educación Nacional (MEN): Conformar un sistema de gestión de conocimiento que permita al MEN, apoyar, monitorear y optimizar los proyectos enfocados al fomento de la permanencia y graduación que realizan las Instituciones de Educación Superior (IES) [41].

7. Proyecto “Optimización de los procesos de combustión y transferencia de calor”:  
Se realizó con la Cámara de Comercio de Bogotá, la Gobernación de Cundinamarca, Fedepanela (Federación Nacional de Productores de Panela) y Sena (Servicio nacional de aprendizaje). Tiene como objetivo disminuir la emisión de gases efecto invernadero, generados por la agroindustria panelera al reducir el consumo de caucho y leña usadas en la combustión, a través del uso de tecnologías [41].

## **Anexo B. PARÁMETROS PARA DESARROLLO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA**

La principal herramienta para el desarrollo de la VT fue la creación de una base de datos donde se cuantifican los resultados cualitativos alrededor del EV. Es por esto que en este anexo se describen los parámetros que se tuvieron en cuenta.

### **B.1 Grupo de Trabajo**

Para el desarrollo de la VT se conformaron 2 grupos principales de trabajo; el primero lo integran el director de proyecto, el coordinador y un grupo de vigías. Cada uno cumple una función específica dentro del desarrollo, tal que se ejerza bien cada una de las actividades. Por un lado los vigías son los encargados de recopilar la información de las bases de datos seleccionadas y registrarlas en los formatos. Toda la información debe ser analizada, recapitulada por el coordinador, para que éste exponga al director las tendencias y los casos especiales y de interés.

El segundo grupo es el formado por los expertos quienes participan como asesores de acuerdo a su experiencia. Tal como se dijo en el numeral 1.2.1 lo ideal es que se encuentren personas dentro de diversas áreas del conocimiento tal que se pueda interrelacionar las necesidades de todos.

## B.2 Selección de Bases de Datos

Las bases de datos descritas fueron las seleccionadas y posteriormente consultadas. Estas hacen parte de las bases de datos con las cuales cuenta la Universidad Nacional de Colombia.

- ❖ IEEE <http://www.ieee.org/index.html>
- ❖ SciVerse - ScienceDirect <http://www.sciencedirect.com/>
- ❖ NATURE <http://www.nature.com/>

Las patentes fueron consultadas en las bases de datos de las siguientes entidades estatales, la gran mayoría son de dominio extranjero. No obstante se tuvo en cuenta lo registrado en la Superintendencia de Industria y Comercio y la página Free Patents Online con dominio Colombia.

- ❖ Oficina Española de Patentes y Marcas <http://www.oepm.com>
- ❖ EPO - Espacenet <http://www.espacenet.com>
- ❖ Free Patents Online <http://www.freepatentsonline.com/>
- ❖ Superintendencia de Industria y Comercio <http://www.sic.gov.co/es/>
- ❖ Búsqueda de Patentes en Colombia y Patentes Colombianas <http://www.patentesonline.com.co/>

### B.2.1 Otras Fuentes de Información

Los proyectos pilotos que se encuentran documentados, los reportes en revistas científicas y periódicos locales, hacen parte de la documentación consultada para el desarrollo de la VT.

Entre algunos proyectos destacados se encuentran el “Proyecto Piloto de Movilidad Eléctrica” –MOVELE–, que tiene como objetivo el fomento del EV, y para ello cuenta con una dotación de fondos públicos. La idea es alcanzar la cifra de 250.000 vehículos eléctricos a final de 2014 circulando por las calles y carreteras [42]. También se encuentran los

proyectos “Electric Vehicles in a Distributed and Integrated market using Sustainable Energy and Open Networks” –EDISON– y el Proyecto “Seine Aval Véhicule Electrique” –SAVE–; un proyecto experimental de vehículos eléctricos en la provincia de Yvelines (Francia).

### B.3 Selección de Palabras Claves

La selección de las palabras claves para la búsqueda tanto de artículos científicos como de patentes se muestra por grupos en la Tabla A-4-1 Clasificación de Palabras Claves. Estas son la base para la consulta en las bases de datos descritas con anterioridad.

Tabla A-4-1 Clasificación de Palabras Claves

Tema	Palabras Claves	Keywords
<b>EVs</b>	Vehículos eléctricos livianos Vehículos eléctricos Vehículos Eléctricos Enchufables Rango recorrido de EVs Rendimiento, seguridad, confiabilidad, eficiencia Proyectos pilotos Modelo de negocio EVs Aspectos de consumo y mercado Movilidad eléctrica	Light-duty vehicles (LEV) Pure battery electric vehicles (EVs) Plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) Driving Range of EV (km, mi) Performance, safety, reliability, efficiency Pilot project EV business model Consumer aspects and market Electric mobility
<b>Sistema de Recarga</b>	Tipo de Conectores Tipos de Recarga Infraestructura de recarga Recarga en AC y DC Estaciones de Carga Rápida Estación de intercambio de baterías Recarga en casa Centros de Recarga Comercial	Plugs and sockets Recharge rates Recharging infrastructure AC and Charging Fast Charging Station Battery swapping station Home recharging / plug-capable home Commercial recharging centers
<b>Tecnología de EVs</b>	Fabricantes de Automóviles Política para beneficios, incentivos, Regulaciones de servicios públicos Regulación y Normatividad	Automobile manufacturers Policy benefit, Incentives, utility regulations, governments Code and standards

Tema	Palabras Claves	Keywords
	Compañías Prestadoras Servicio Eléctrico Protocolos de Comunicación Redes inteligentes en EVs Información de drive y comunicación	Electric utilities Communications protocols Smart grids & EVs Driver information (GPS, public infrastructure, parking space, mobility, etc.) and communication
<b>Baterías</b>	Almacenamiento de energía Li-ion Supercondensadores Rapidez de Carga Capacidad de almacenamiento de batería Ciclos de carga de batería Ciclo de vida Costo de batería	Energystorage Lithium-ion / Li-ion Ultracapacitor State of charge Battery storage capacity Battery charging cycles Battery duty cycles Life time / battery life Battery cost
<b>Aplicaciones EV</b>	Buses Eléctricos – sistema masivo Vehículos eléctricos particulares Política y regulación de medio ambiente y energía Pruebas en carretera Procedimientos de prueba de EVs Consumo de energía	Electric buses - Massive system EV for private use Energy and environment policy and regulation Road test Test procedures EVs Energy consumption

### B.4 Formatos de Información

La información fue clasificada de acuerdo con la fuente de donde se obtuvo, temiendo que se pudiera hacer una correlación con los datos principales. De los artículos científicos y de revistas se registran las palabras claves, el año de publicación, los autores, la institución a donde pertenecen, el país y el resumen (abstract). Las patentes son registradas con el nombre de la patente, el inventor, el solicitante, país y año. Esta última información es conveniente para efectos de correlación entre ambos temas.

## Anexo C. DESARROLLO DE RONDAS DELPHI

De acuerdo a lo especificado para el desarrollo de las Rondas Delphi se elige un grupo selecto de expertos, encargados bajo su experiencia de concluir temas que durante la vigilancia o durante otra ronda anterior fueron divergentes. El desarrollo de cada Ronda Delphi se describe a continuación.

### C.1 Primera Ronda Delphi

La primera ronda provee la mayor parte de la información sobre la que posteriormente se construirán los escenarios. Se evalúa bajo capítulos temáticos, que conjuntamente intentan provocar la reflexión de los expertos respecto a las tendencias más relevantes del futuro de los EVs en Colombia. Las hipótesis surgirán de los resultados de las encuestas de la siguiente manera:

Para preguntas ***cerradas o de ordenamiento***: se determinará el orden de importancia de las variables según el promedio obtenido por cada respuesta.

Para preguntas de ***opción múltiple***: Se identifica la moda (respuesta con mayor frecuencia de aparición) y la frecuencia de aparición de las otras respuestas.

Los primeros resultados son claves para los planteamientos del taller, de esta manera se confirmarán o rechazarán de acuerdo al consenso general.

Para esta primera ronda los participantes fueron los siguientes:

Tabla A-4-2 Participantes Rondas Delphi<sup>15</sup>

Nombre	Profesión	Entidad
Sandra Milena Téllez Gutiérrez	Ingeniera Electricista	Universidad Nacional de Colombia
Pedro Alejandro Eusse Bernal	Ingeniero Electricista	Empresas Públicas de Medellín E.S.P.
Marco C. Janssen	Consultor	UT Innovation
José Miguel Ramírez	Ingeniero Electricista	Universidad del Valle
Elkin Espitia Fuentes	Ingeniero Mecánico	General Motors Colmotores
Eduardo Caicedo Bravo	Ingeniero Electricista	Universidad del Valle
Ana Luisa Flechas Camacho	Ingeniera de Transportes y Vías	Universidad Nacional de Colombia
Luis Carlos Duarte	Ingeniero Mecánico	GMOVIL SAS
José Luis Romeral Martínez	Profesor Universitario	Universidad Politécnica de Catalunya (España)
Guillermo Alfonso Gallego Londoño	Ingeniero Electrónico	ABB Ltda
Jaime Fernando Andrade Mahecha	Ingeniero Electricista	Unidad de Planeación Minero Energética
Guillermo Llano		
Andrés Hernández		Escuela de Ingeniería
Yesid Ojeda		COLCIENCIAS
Guido Fernando Prieto R	Economista	Lucky Lion
José Alirio García Salazar	Ingeniero Electricista	BIOMAX S.A.
Mario Alberto Ríos	Ingeniero Eléctrico	Universidad de los Andes
Andrés Emiro Díez	Ingeniero Electricista	Universidad Pontificia Bolivariana (Medellín)

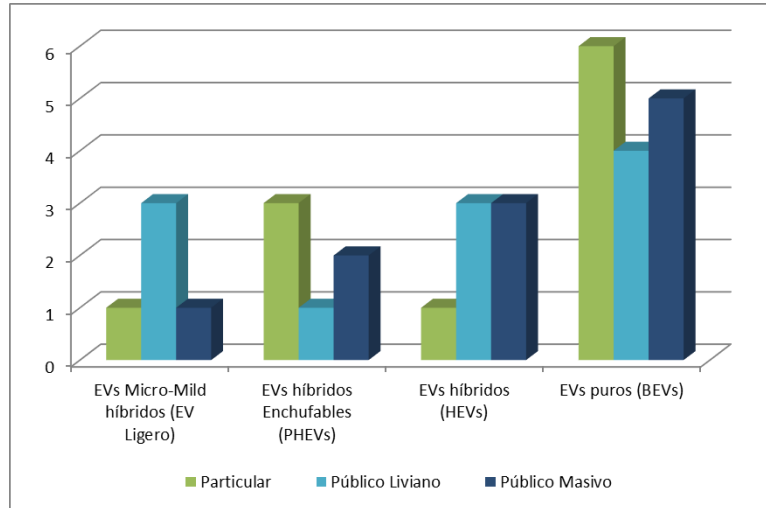
### C.1.1 Primera Encuesta -Ronda Delphi

Esta primera encuesta constó de 10 preguntas estructuradas tal como se describe en el Anexo B. En las siguientes numerales se presentan las preguntas y los resultados de cada una de ellas.

<sup>15</sup> Los datos suministrados en esta tabla fueron proporcionados por los expertos en el tema, el resto de la información no suministrada se reserva por solicitud de los consultores.

**Preguntas 1, 2 y 3**

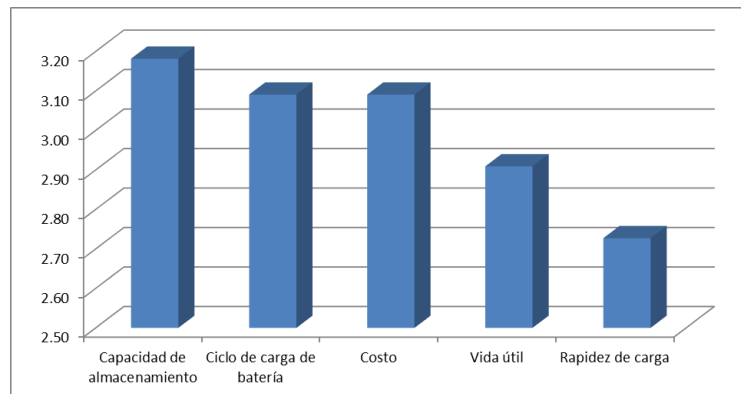
Entre las siguientes tecnologías cual considera que puede ser empleada en Colombia para uso particular urbano – público liviano – público masivo.



Gráfica 4-1. Resultados 1ª Ronda Delphi – Tipo de Aplicaciones para EVs

**Pregunta 4**

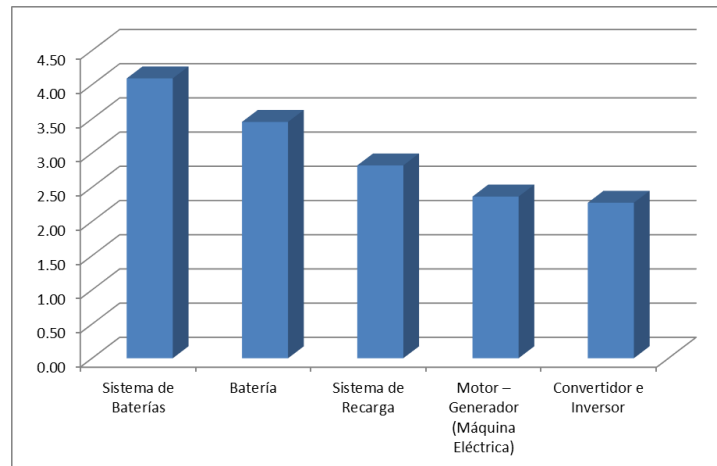
Enumere de (1) a (5), siendo (1) la de menor y (5) la de mayor importancia, las características que deben tener las baterías para los Vehículos Eléctricos.



Gráfica 4-2. Resultados 1ª Ronda Delphi – Características Baterías para EVs

**Pregunta 5**

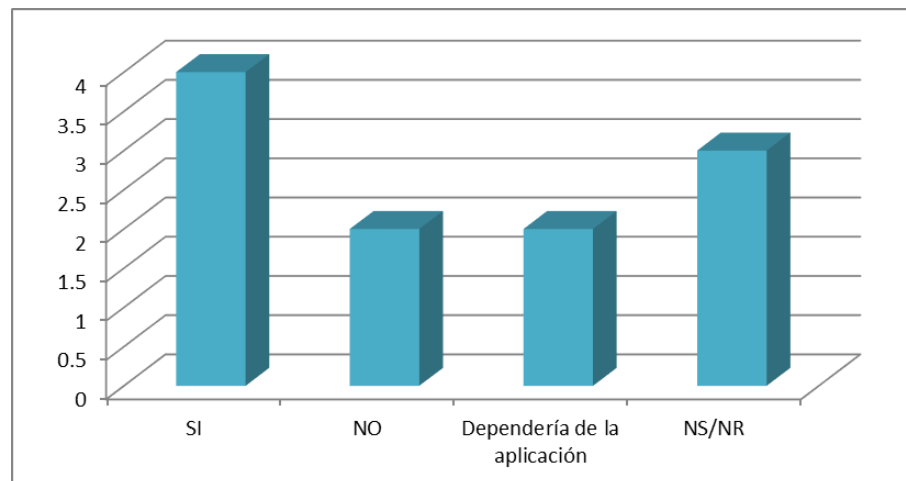
Siendo (1) el menor y (5) el mayor, clasifique las siguientes tecnologías de acuerdo al desarrollo que ha tenido para implementarlo en Vehículos Eléctricos.



Gráfica 4-3. Resultados 1ª Ronda Delphi – Tecnologías Periféricas de EVs

**Pregunta 6**

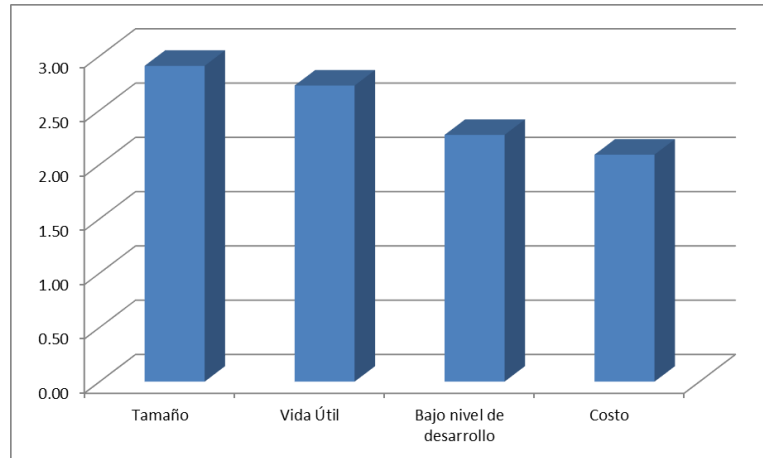
¿Considera que los Supercondensadores serían una buena alternativa para reemplazar las baterías convencionales en los Vehículos Eléctricos?



Gráfica 4-4. Resultados 1ª Ronda Delphi – Supercondensadores como alternativa de almacenamiento de energía

**Pregunta 7**

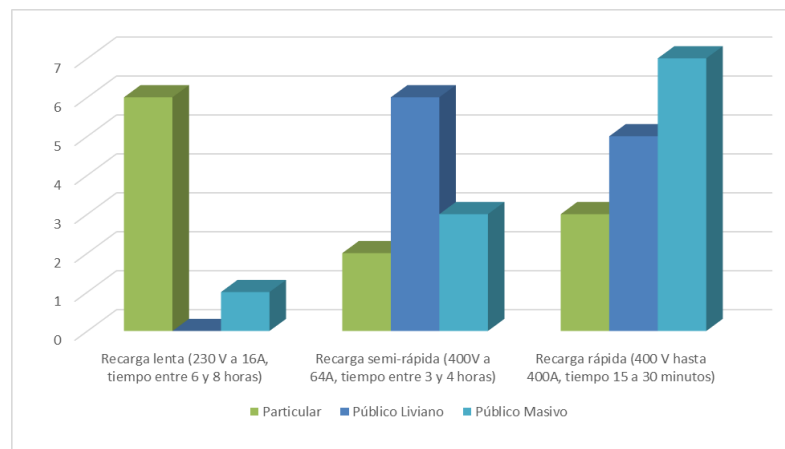
¿Cuál considera que es el mayor problema de las baterías actuales implementadas en Vehículos Eléctricos?



Gráfica 4-5. Resultados 1ª Roda Delphi – Principal obstáculo en el desarrollo de las Baterías

**Pregunta 8**

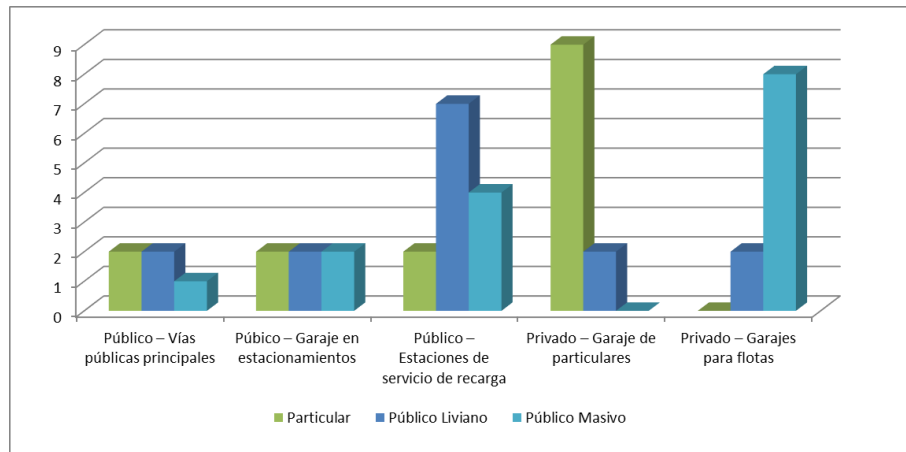
¿Cuál considera que es el tipo de recarga ideal para cada caso, de acuerdo a la tecnología seleccionada en las preguntas 1, 2, y 3?



Gráfica 4-6. Resultados 1ª Ronda Delphi – Tipo de Recarga para cada tipo de uso

**Pregunta 9**

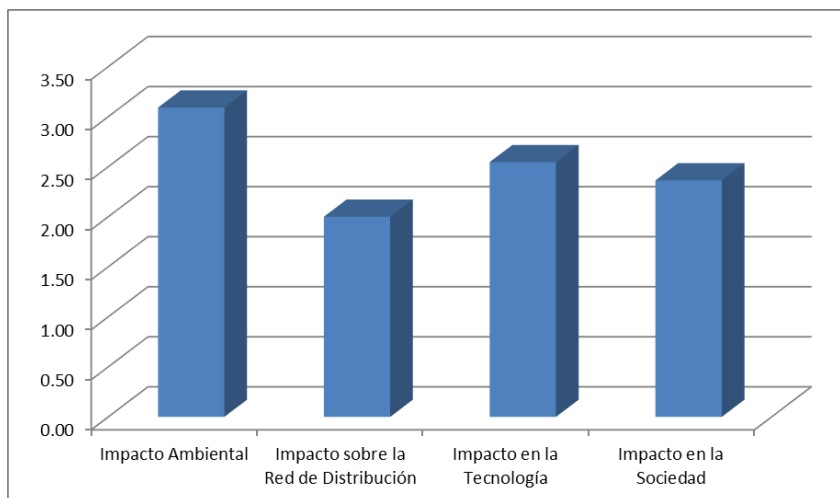
¿Cuál considera que es la infraestructura que podría emplearse en Colombia para uso particular público liviano y público masivo?



**Gráfica 4-7. Resultados 1ª Ronda Delphi – Centro de Recarga para cada tipo de uso**

**Pregunta 10**

Clasifique de (1) a (5), siendo (1) el menor y el (5) el de mayor importancia, los siguientes impactos por la inclusión de los Vehículos Eléctricos en Colombia.



**Gráfica 4-8. Resultados 1ª Ronda Delphi – Impacto sobre la Implementación de EVs**

## **C.2 Segunda Ronda Delphi**

Luego de procesar los resultados de la primera encuesta, se determina el desarrollo de la segunda ronda del Delphi. En ella, aquellos expertos que en al menos una de las preguntas presentó alguna desviación de las respuestas más consensuadas recibirán una segunda y última encuesta, en la que se les plantearán nuevamente las preguntas que hayan recibido respuestas desviadas. Esta encuesta será más corta porque es altamente improbable que todas las respuestas de un experto en la primera encuesta caigan por fuera de las respuestas más consensuadas, por lo cual también será de carácter personalizado, debido a que sólo se harán las preguntas que tuvieron desviación.

De esta manera se explorarán nuevas temáticas surgidas de la primera ronda por medio de hipótesis planteada.

Para preguntas donde se haya presentado un alto nivel de consenso, puede profundizarse el tema, por ejemplo indagando sobre posibles fechas de penetración de tecnología, costos de adquisición, u otros que resulten de interés para la investigación.

En esta ronda también pueden incluirse nuevas preguntas, de ordenamiento o de opción múltiple, que surjan de nuevas temáticas identificadas como resultado de la primera ronda. Las tendencias divergentes en estas nuevas temáticas se analizarán, de verse conveniente en la tercera ronda Delphi.

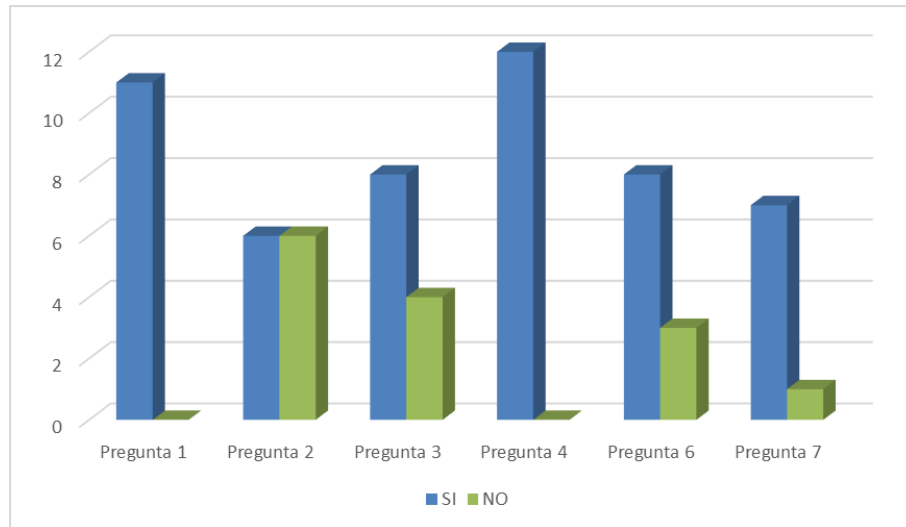
### **C.2.1 Encuesta Segunda Ronda Delphi**

Esta segunda encuesta consta de 7 preguntas para contestar de forma afirmativa o negativa.

1. De acuerdo a la primera Ronda Delphi la tecnología de EVs para implementarse en uso particular urbano es la de Vehículos Puros (BEVs). ¿Está de acuerdo con esto?
2. Considera usted que para el 2020 se tendría un 20% de estos Vehículos en el mercado.

3. "De acuerdo a la primera Ronda Delphi la tecnología de EVs para implementarse en uso público, tanto Liviano como Masivo, es la de Vehículos Híbridos (HEVs)"  
¿Está de acuerdo con esto?
4. Considera que como parte de iniciativa desde el gobierno nacional o local para el mercado de EVs se deberían establecer normatividades e incentivos
5. "La capacidad de almacenamiento y el ciclo de carga de batería, fueron las dos características resaltadas como las más importantes en las baterías. ¿Está de acuerdo con esto?  
Considera que se debería incluir otra característica adicional. ¿Cuál?"
6. Considera que el impacto ambiental en la disminución del material particulado, se compensa con el cambio del parque automotor y la disposición final de las baterías (público o privado o los dos).
7. "El sistema de recarga seleccionado en la primera ronda como el ideal para servicio público liviano fue la recarga semi-rápida (400V a 64A, tiempo entre 3 y 4 horas) y la infraestructura Público - Estaciones de servicio de recarga.  
Considera que se podría instalar la infraestructura indicada en las principales ciudades de Colombia."

El resultado estadístico que se obtuvo se muestra en la Gráfica 4-9. Estos resultados fueron argumentados por cada uno de los actores de acuerdo a su experiencia y sus investigaciones.



Gráfica 4-9. Resultados Segunda Ronda Delphi

### C.3 Tercera Ronda Delphi

Para esta oportunidad la tercera Ronda Delphi se desarrolló en caso de que los puntos a validar muestren divergencias o en el caso en que resulten nuevas temáticas dentro de las rondas anteriores. Los participantes para este taller fueron los siguientes:

Tabla A-4-3 Participantes Taller de Expertos

NOMBRE	ORGANIZACIÓN
Javier Rosero	Universidad Nacional
Estrella Parra	Universidad Nacional
John Cortés	Universidad Nacional
Omar Prias	Universidad Nacional
Sergio Sanabria Guevara	ABB
Patricia Gómez Otero	Codensa
Sergio Bernal Bonilla	B y D Motor
Fernando Pardo	Motorisa Mitsubishi
Edder Velandia	Salle - Codensa
Marcela Carrascal	Transmilenio SA
Alexander Alí Rubio Gómez	Transmilenio SA
Natalia Muñoz Rodríguez	Transmilenio SA
Carolina Obando Anzola	UPME
David Rojas	Universidad Nacional
Luis Alberto Otálora	Siemens
Laura Hinestroza (Participante y Expositora)	Universidad Nacional

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] (Septiembre). *Maridmasd*. Available: <http://www.madrimasd.org/vigtecnologica/default.asp>
- [2] (2011, Septiembre). *Centro de Investigación y Desarrollo de la Industria Electro Electrónica e Informática*. Available: <http://cidei.net>
- [3] O. F. Prias, "Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y Fuentes No Convencionales - PROURE," Bogotá19 de Abril 2010.
- [4] "Proyección de Demanda de Energía para el Sector Transporte," Bogotá2008.
- [5] DNP, "Lineamientos para la formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire ", MAVDT, Ed., ed. Bogotá: Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2005, p. 30.
- [6] B. Larsen, "Cost of Environmental Damage: A Socio-Economic and Environmental Health Risk Assessment," Ministry of Environment, Housing and Land Development, Bogotá2004.
- [7] "Lineamientos para La Formulación de la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire (Conpes 3344)," Bogotá2005.
- [8] C. I. C. Bareño, "Transferencia tecnológica y de conocimientos en el diseño de sistemas embebidos," Doctor en Ingeniería Eléctrica, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 2011.
- [9] P. Morcillo, "Vigilancia e Inteligencia Competitiva: Fundamentos e Implicaciones," *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología*, vol. 17, p. 10, 17 de Junio 2003.
- [10] R. P. Mignogna. (1997). *Competitive Intelligence*. Available: <http://www.chewy.gatech.edu/t2s/index/html>
- [11] UNE, "Normativa UNE 166006:2006 sobre Vigilancia tecnológica. Parte I," ed, 2006.
- [12] J. Lechuga, M. Rodriguez, and J. L. M, "Análisis de los procesos para desalinización de Agua de Mar Aplicando la Inteligencia Competitiva y Tecnológica," *Ingeniería Revista Académica*, vol. 11, número 003 p. 11, 2007 2007.
- [13] J. M. Sánchez and F. Palop, "Herramientas de Software especializadas para Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva," 2002.
- [14] M. D. Fernández, J. L. P. Mejías, F. M. S. Cabrera, and R. d. C. B. Barrera, "Evaluación integrada de la innovación, la tecnología y las competencias en la empresa," *Revista de Investigación en Gestión de la Innovación y Tecnología*, vol. 47, p. 14, 14 de Junio 2008.
- [15] W. A. Shewhart, *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*. New York, 1986.

- [16] M. D. Fernández, M. I. Abreu, and Y. Abreu-Lee, "Vigilancia Tecnológica en una Universidad de Ciencias Técnicas," Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Abril 2011 2011.
- [17] OEPM, "Boletín N°0 VT Coche Eléctrico," ed, 2009, p. 9.
- [18] RedCide, "PROSPECTIVA TECNOLÓGICA."
- [19] J. E. B. Mira and J. A. P. Turpín, "METODOLOGÍAS DE INVESTIGACIÓN EN LAS CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE: AMPLIANDO HORIZONTES," p. 309, 2007.
- [20] E. Astigarraga, "EL MÉTODO DELPHI," Universidad de Deusto, Mundaiz.
- [21] E. Astigarraga, "Prospectiva."
- [22] E. Astigarraga, "MÉTODO DELPHI."
- [23] F. Tobar, "Análisis de tendencias y construcción de escenarios," p. 12.
- [24] M. Rodríguez. (Octubre 15 2013). *Metodologías de la Investigación*. Available:  
<http://metodologiasdelainvestigacion.wordpress.com/2010/12/10/la-tecnica-prospectiva-de-los-escenarios/>
- [25] E. Astigarraga, "ESCENARIOS," 2009.
- [26] A. M. G. d. Castro, "Escenarios: fundamentos teóricos, metodología, aplicaciones," presented at the Taller sobre Prospectiva de Cadenas Productivas-Colciencias, 2005.
- [27] "Planeación de Escenarios Futuros."
- [28] M. L. R. U. (2010). *La técnica prospectiva de los escenarios*. Available:  
<http://metodologiasdelainvestigacion.wordpress.com/2010/12/10/la-tecnica-prospectiva-de-los-escenarios/>
- [29] C. Grimpe and K. Hussinger, "Formal and Informal Technology Transfer from Academia to Industry: Complementarity Effects and Innovation Performance," Centre for European Economic Research; Catholic University of Leuven; University of Zurich; University of Maastricht, September 2008.
- [30] E. Mansfield, E. A. Hewett, and T. G. Rawski, "East-West technological transfer issues and problems," *The American economic review*, 1975.
- [31] J. Costas. (2007). *Motorpasion*. Available:  
<http://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-de-los-coches-electricos>
- [32] "Mapa Tecnológico - Movilidad Eléctrica," Observatorio Tecnológico de la Energía, Enero 12 2012.
- [33] FENERCOM, "Guía del Vehículo Eléctrico," Fundación de la energía de la comunidad de Madrid, Madrid 2009.
- [34] (2008). *La Enciclopedia Libre Universal en Español*. Available:  
[http://enciclopedia.us.es/index.php/Acumulador\\_el%C3%A9ctrico](http://enciclopedia.us.es/index.php/Acumulador_el%C3%A9ctrico)
- [35] (2012). *Observatorio Tecnológico de la Energía - Mapa tecnológico movilidad eléctrica*.
- [36] "Institute of Transportation Studies - Performance Characteristics of Lithium-ion Batteries of Various Chemistries for Plug-in Hybrid Vehicles," 2009.

- 
- [37] F. A. Izquierdo, "Vehículos Eléctricos: Tipos, Barreras, Baterías," 2011.
- [38] R. S. Kaplan and D. P. Norton, "Strategy Maps," p. 9, Marzo 2004.
- [39] K. Al-Mabrouk and J. Soar, "Building a Framework for Understanding and Improving Information Technology Transfer Process in the Arab Countries," *9th IBIMA Conference*, 2008.
- [40] (2004). *International Organization of Motor Vehicle Manufacturers - OICA is the voice speaking on automotive issues in world forums*. Available: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2012-statistics/>
- [41] (2013, Octubre ). *Desarrollo de Programa para Líderes en Transferencia Tecnológica*. Available: <http://www.dpolitate.org/index.php/es/index/partners/ucentral-colombia?start=5>
- [42] (2011). *Proyecto Piloto de MOVilidad ELÉctrica -MOVELE- del IDAE* Available: <http://www.espormadrid.es/2011/11/proyecto-piloto-de-movilidad-electrica.html>