

**ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN EL CAMPO DE LOS
MATERIALES METÁLICOS PARA EL SECTOR AUTOMOTOR**

CARLOS ALBERTO LÓPEZ CAÑAS

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2010**

**ESTUDIO DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN EL CAMPO DE LOS
MATERIALES METÁLICOS PARA EL SECTOR AUTOMOTOR**

CARLOS ALBERTO LÓPEZ CAÑAS

Tesis de grado para optar al título de Magíster en Gestión Tecnológica

**Director
JHON WILDER ZARTHA SOSSA
Magister en Gestión Tecnológica**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
MAESTRÍA EN GESTIÓN TECNOLÓGICA
MEDELLÍN
2010**

Nota de aceptación

Firma
Nombre:
Presidente del jurado

Firma
Nombre:
Jurado

Firma
Nombre:
Jurado

Medellín, 30 de Octubre de 2010

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros agradecimientos a las siguientes personas e instituciones:

Al señor Fernando Palop de la organización Triz XXI de Valencia, España por su amable concesión de una licencia temporal de la herramienta VantagePoint, con la cual pude adelantar el procesamiento y análisis de los artículos científicos reunidos sobre los materiales metálicos.

Al señor Guido Smallegange representante de la Editorial Elsevier por su amable concesión de una licencia temporal de la base de datos ScienceDirect, con la cual pude recopilar artículos científicos y técnicos publicados sobre los materiales metálicos empleados en la construcción de automóviles.

Al señor Mauricio Fernández Suárez director del centro tecnológico Corporación Eco-eficiente, quien autorizó a esta institución para brindar apoyo económico y en tiempo para adelantar los estudios de esta maestría.

Al señor Jhon Wilder Zartha Sossa, director de tesis por su valiosa asesoría en la ejecución del ejercicio Delphi y el desarrollo de este trabajo de grado.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
CAMPO DE ESTUDIO	15
OBJETIVOS	16
Objetivo General	16
Objetivos Específicos	16
1. ANTECEDENTES	17
1.1 EL PAPEL DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y LA PROSPECTIVA	17
1.2 PROGRAMAS Y EJERCICIOS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN COLOMBIA	18
1.3 EJERCICIOS DE VT Y PROSPECTIVA RELACIONADOS CON MATERIALES PARA EL SECTOR AUTOMOTOR	20
1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
1.5 DECLARATORIA COMO SECTOR DE CLASE MUNDIAL	22
2. MARCO CONCEPTUAL	25
2.1 LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA	25
2.1.1 Diversos tipos de vigilancia	27
2.1.2 El ciclo de vigilancia tecnológica	28
2.1.3 Análisis de patentes y artículos técnicos y científicos	30
2.1.4 Herramientas utilizadas para la gestión de la información	31
2.2 PROSPECTIVA Y MÉTODO DELPHI	32
2.2.1 Prospectiva	32
2.2.2 Métodos utilizados en prospectiva	33
2.2.3 Método Delphi	34
2.2.4 Características de un ejercicio Delphi	35
2.2.5 Tipos de Delphi más utilizados en nuestro medio	35
2.3 LOS MATERIALES DE INGENIERÍA	36
2.3.1 Ciencia e ingeniería de los materiales	36
2.3.2 Tipos de materiales	36
2.3.3 Clasificación funcional de los materiales	37
3. METODOLOGÍA	39
3.1 DEFINICIÓN DE NECESIDADES	39
3.2 FACTORES CRÍTICOS DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA	40
3.3 BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	40
3.4 APLICACIÓN DE UN EJERCICIO PROSPECTIVO CON EL MÉTODO DELPHI	41
3.4.1 Preliminares	41
3.4.2 Ejecución de la primera ronda o primer cuestionario	42
3.4.3 Realización segunda ronda	43

3.4.4 Tercera ronda	43
3.4.5 Análisis estadístico final	43
3.4.6 Análisis del consenso alcanzado	44
3.4.7 Análisis por puntos	45
3.5 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL	45
4. RESULTADOS	47
4.1 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS	48
4.1.1 Aceros avanzados	49
4.1.2 Aluminio	67
4.1.3 Magnesio	80
4.1.4 Titanio	90
4.2 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA DE PATENTES	99
4.2.1 Resultados para el acero Trip	100
4.2.2 Resultados de la búsqueda del acero Dualphase	104
4.2.3 Resultados de la consulta sobre el acero TWIP STEEL	108
4.2.4 Resultados para la búsqueda de High Strength Steel (Aceros de alta resistencia)	111
4.2.5 Resultados de la búsqueda de patentes para el material Aluminio	116
4.2.6 Resultados de la búsqueda de patentes relacionadas con el Magnesio o insumos de este elemento para producir partes para automóviles	119
4.2.7 Resultados de la consulta de patentes publicadas sobre partes o insumos para vehículos producidos con el material metálico Titanio	123
4.3 RESULTADOS EJERCICIO DELPHI	127
4.3.1 Encuestas	127
4.3.2 Respuesta de los participantes en la ronda 1	128
4.3.2.1 Resultados ronda 1	128
4.3.2.2 Porcentaje de consenso para cada subtema	134
4.3.2.3 Definición de grupos de prioridad	135
4.3.3 Resultados de la segunda ronda	138
4.3.4 Resultados de la tercera ronda	139
4.3.5 Resultados del porcentaje por puntos en las tres rondas.	141
4.3.6 Resultados del Porcentaje de Consenso en las tres rondas	141
4.3.7 Resultados de la Frecuencia Modal Primera Ronda -Fm1*- y Tercera Ronda -Fm1-	142
4.3.8 Selección final de temas en la tercera ronda	142
4.3.8.1 Consideraciones generales	142
4.3.8.2 Aceros Avanzados	144
4.3.8.3 Aluminio	144
4.3.8.4 Magnesio	145
4.3.8.5 Titanio	145
4.3.9 Temas comunes en los análisis por consenso y por puntos	146
4.3.10 Selección de grupo adicional de temas en el análisis por puntos	146
4.4 INSTITUCIONES Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONALES	147

5. CONCLUSIONES	152
6. RECOMENDACIONES	154
BIBLIOGRAFÍA	156
ANEXOS	160

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Principales aspectos de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva	26
Figura 2. Ciclo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva	29
Figura 3. Esquema del desarrollo metodológico de los ejercicios de VT y Prospectiva	39
Figura 4. Algunos autores con mayor presencia en artículos científicos referidos a aceros avanzados	49
Figura 5. Distribución de las publicaciones sobre aceros avanzados por año	50
Figura 6. Países con mayor publicación de artículos científicos referidos a aceros avanzados	50
Figura 7. Organizaciones origen de las publicaciones	51
Figura 8. Fuentes de publicación o revistas	52
Figura 9. Matriz de coocurrencia entre autores y palabras claves	53
Figura 10. Matriz de co-ocurrencia entre países y palabras claves (descriptors)	53
Figura 11. Matriz de co-ocurrencia entre fuentes de publicación y palabras claves	54
Figura 12. Matriz de co-ocurrencia entre palabras claves y año de publicación	55
Figura 13. Matriz de co-ocurrencia entre fuentes de publicación y palabras claves	55
Figura 14. Matriz de co-ocurrencia entre fuentes de publicación y palabras claves	56
Figura 15. Mapa de Cross-correlación entre autores y palabras claves (Descriptor)	57
Figura 16. Mapa de Cross-correlación entre países y palabras claves (Country-Descriptors)	58
Figura 17. Mapa de Cross-correlación entre la fuente de publicación y palabras claves	59
Figura 18. Mapa de Auto-correlación entre organizaciones origen de las publicaciones	60
Figura 19. Mapa de cross-correlación entre autores y países	61
Figura 20. Mapa de cross-correlación entre organizaciones y palabras claves	62
Figura 21. Mapa de cross-correlación entre países y palabras claves	63
Figura 22. Mapa de auto-correlación entre palabras claves	64
Figura 23. Mapa de cross-correlación entre autores y organizaciones	65
Figura 24. Listado de fuentes de publicación y palabras claves	66
Figura 25. Listado de palabras claves	66
Figura 26. Otro listado de aparición de palabras claves y su frecuencia	67
Figura 27. Autores encontrados para el material Aluminio	68
Figura 28. Organizaciones que conducen investigaciones y desarrollos alrededor de la temática del Aluminio	69
Figura 29. Principales países origen de las publicaciones	69

Figura 30. Principales palabras claves encontradas para la temática del Aluminio	70
Figura 31. Distribución de las publicaciones de artículos sobre trabajos referidos al Aluminio por año	71
Figura 32. Principales revistas donde se publican trabajos sobre el Aluminio	71
Figura 33. Mapa de cross-correlación entre organizaciones que investigan sobre el Aluminio y palabras claves	72
Figura 34. Mapa de Cross-correlación entre autores y palabras claves	73
Figura 35. Mapa de Cross-correlación entre países y palabras claves	74
Figura 36. Mapa de factores de distintos términos claves	75
Figura 37. Otro mapa de factores para algunas palabras claves sobre el Aluminio	76
Figura 38. Mapa PDC para palabras claves	77
Figura 39. Mapa PDC para organizaciones origen de las publicaciones	78
Figura 40. Listado de palabras claves sobre Aluminio	79
Figura 41. Listado de palabras claves de los resúmenes de los artículos analizados	79
Figura 42. Otro listado importante de palabras claves de los resúmenes de los artículos	80
Figura 43. Listado de instituciones que investigan sobre el material Magnesio	81
Figura 44. Listado de palabras claves sobre el material Magnesio	81
Figura 45. Principales fuentes de publicación sobre el Magnesio	82
Figura 46. Grupo de autores con publicaciones sobre el Magnesio	82
Figura 47. Países de origen de las publicaciones	83
Figura 48. Distribución por años de las publicaciones sobre Magnesio	83
Figura 49. Matriz de auto-correlación entre palabras claves	84
Figura 50. Matriz de auto-correlación entre palabras claves	85
Figura 51. Mapa de cross-correlación entre autores y palabras claves sobre el Magnesio	86
Figura 52. Mapa de cross-correlación entre organizaciones de investigación y palabras claves	87
Figura 53. Mapa de cross-correlación entre países y palabras claves	88
Figura 54. Mapa de auto-correlación entre términos claves	89
Figura 55. Mapa de cross-correlación entre países y palabras claves	90
Figura 56. Grupo de autores con publicaciones sobre el material Titanio para aplicaciones automotrices	91
Figura 57. Algunas de las organizaciones que han publicado acerca del material Titanio	91
Figura 58. Países con mayor número de publicaciones en la temática del Titanio para el sector automotor	92
Figura 59. Listado de palabras claves más recurrentes sobre el Titanio	93
Figura 60. Principales fuentes de publicación de trabajos o investigaciones sobre el material Titanio	93
Figura 61. Relación de distribución por año de las publicaciones sobre investigaciones referidas al Titanio	94

Figura 62. Matriz de auto-correlación entre palabras claves	95
Figura 63. Mapa de cross-correlación entre autores y palabras clave	96
Figura 64. Mapa de cross-correlación entre organizaciones y palabras claves	97
Figura 65. Mapa de auto-correlación entre palabras claves referentes al material Titanio	98
Figura 66. Mapa de factores correspondiente a términos o palabras claves	99
Figura 67. Resultados de la búsqueda del material acero avanzado Trip	101
Figura 68. Asignación de patentes del acero Trip	102
Figura 69. Países de origen de las patentes de los aceros Trip	102
Figura 70. Listado de inventores de partes fabricadas con aceros Trip	103
Figura 71. Distribución de los años de publicación de patentes de los aceros Trip	104
Figura 72. Resultados de la búsqueda de aceros Dual Phase en las distintas bases de datos de patentes	105
Figura 73. Asignación de patentes sobre aceros Dual Phase a distintas entidades	106
Figura 74. Países de origen de las patentes de los aceros Dual Phase	106
Figura 75. Listado de inventores de productos fabricados con aceros Dual Phase	107
Figura 76. Distribución por año de las patentes de los aceros Dual Phase	108
Figura 77. Resultados de la búsqueda de patentes sobre aceros Twip	108
Figura 78. Listado de entidades con asignación de patentes sobre aceros Twip	109
Figura 79. Países de origen de las patentes sobre productos de acero Twip	110
Figura 80. Inventores con asignación de patentes de aceros Twip	110
Figura 81. Distribución por años de publicación de las patentes sobre productos fabricados con aceros Twip	111
Figura 82. Resultados de la búsqueda de aceros de alta resistencia utilizados en vehículos automotores	112
Figura 83. Entidades de asignación de las patentes de aceros de alta resistencia	113
Figura 84. Países de origen de las patentes de productos para el sector automotor fabricadas en aceros de alta resistencia	114
Figura 85. Listado de inventores de productos fabricados en aceros de alta resistencia	115
Figura 86. Años de publicación de patentes de productos de aceros avanzados	115
Figura 87. Resultados de la búsqueda del material Aluminio utilizado en vehículos automotores	116
Figura 88. Asignación de patentes a entidades que trabajan el tema de producción de partes para vehículos en Aluminio	117
Figura 89. Principales países de origen de las patentes de Aluminio en el sector automotor	117
Figura 90. Listado de inventores de productos de Aluminio	118

Figura 91. Distribución de la publicación por años de patentes de productos de Aluminio para el sector automotor	119
Figura 92. Resultados de la búsqueda de patentes de productos de Magnesio para la fabricación de autopartes	120
Figura 93. Asignación de patentes de Magnesio a distintas entidades	121
Figura 94. Distribución de países en la asignación de patentes de productos de Magnesio para el sector automotor	121
Figura 95. Principales inventores de partes en Magnesio o insumos para estas en relación con el sector automotor	122
Figura 96. Distribución de los años de publicación de las patentes de partes en Magnesio o insumos para el sector automotor	123
Figura 97. Resultados de la búsqueda de patentes de elementos o insumos para partes de vehículos fabricados en Titanio	123
Figura 98. Listado de entidades con la asignación de patentes de partes para vehículos automotores fabricados en Titanio	124
Figura 99. Países de asignación de las patentes relacionadas con los partes o insumos producidos con Titanio	125
Figura 100. Grupo de inventores en el campo de los autopartes e insumos para estas fabricadas con Titanio	126
Figura 101. Distribución de los años de publicación de patentes relacionadas con partes en Titanio para el sector automotor	126
Figura 102. Distribución de frecuencias para los materiales metálicos aceros avanzados	129
Figura 103. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas de los aceros avanzados	130
Figura 104. Distribución de frecuencias para el material metálico Aluminio	131
Figura 105. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas del Aluminio	131
Figura 106. Distribución de frecuencias para el material metálico Magnesio	132
Figura 107. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas del Magnesio	133
Figura 108. Distribución de frecuencias para el material metálico Titanio	134
Figura 109. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas del Titanio	134
Figura 110. Porcentaje por puntos para los distintos temas seleccionados como prioritarios	141
Figura 111. Porcentaje de consenso para los distintos temas seleccionados como prioritarios	141
Figura 112. Frecuencia modal primera y tercera rondas	142
Figura 113. Evolución a través de los años en el contenido de Aluminio en los automóviles	151

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta de la primera ronda	127
Tabla 2. Distribución de frecuencias para los aceros	129
Tabla 3. Distribución de frecuencias para el Aluminio	130
Tabla 4. Distribución de frecuencias para el Magnesio	132
Tabla 5. Distribución de frecuencias para el Titanio	133
Tabla 6. Temas prioritarios identificados en la primera ronda	136
Tabla 7. Temas definidos como en discusión en la primera ronda	137
Tabla 8. Temas eliminados en la primera ronda	138
Tabla 9. Temas eliminados en la segunda ronda	139
Tabla 10. Materiales Metálicos Aceros Avanzados	139
Tabla 11. Materiales Metálicos Aluminio	140
Tabla 12. Materiales Metálicos Magnesio	140
Tabla 13. Materiales Metálicos Titanio	140
Tabla 14. Calificación de la prioridad de los aceros avanzados	144
Tabla 15. Calificación de la prioridad del Aluminio	144
Tabla 16. Calificación de la prioridad del Magnesio	145
Tabla 17. Calificación de la prioridad del Titanio	145
Tabla 18. Temas seleccionados por consenso y puntos	146
Tabla 19. Otro grupo de temas importantes seleccionados por consenso y puntos	146

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Formularios empleados en las tres rondas delphi	161
Anexo B. Listado de participantes en las tres rondas	169

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados de la realización de dos ejercicios: Uno de vigilancia tecnológica (VT), el cual a su vez se complementó con la aplicación de un ejercicio de prospectiva con el método Delphi para la identificación de las tendencias en investigación, desarrollo tecnológico y utilización de los materiales metálicos Aceros Avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio en la fabricación de partes para la construcción de automóviles.

Este documento comprende la presentación de resultados del ejercicio Delphi y el procesamiento y análisis de resultados de la búsqueda de artículos científicos y patentes. Para el ejercicio Delphi a tres rondas se contó con un grupo de expertos de investigadores de universidades en temas de materiales y con personas que laboran en empresas ensambladoras de vehículos y proveedores fabricantes de autopartes.

Para el procesamiento y análisis de la información, se contó con las herramientas VantagePoint para el procesamiento y análisis de los artículos científicos obtenidos de la base de datos ScienceDirect, mientras que para la indagación en las diferentes bases de patentes a nivel mundial, se empleó la herramienta Delphion.

El resultado final consistió en seleccionar un grupo de temas referidos a los materiales metálicos aceros avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio, que pueden representar importantes campos de investigación y desarrollo tecnológico aplicables a los materiales y la fabricación de partes para vehículos con un horizonte de tiempo hasta el año 2020. Es importante tener en cuenta también que el gobierno desde el año 2008 se encuentra adelantando lo que denomina un "Programa de Transformación Productiva" para algunos sectores productivos del país, en el cual se seleccionó al sector autopartes-automotor como uno que se puede potenciar para convertirlo en sector de clase mundial.

Palabras claves: Vigilancia tecnológica; Prospectiva; Delphi; Materiales metálicos; Aceros avanzados; Aluminio; Magnesio; Titanio; Sector automotor; Industria automotriz.

INTRODUCCIÓN

CAMPO DE ESTUDIO

Con este trabajo se pretende identificar, a través de un ejercicio de vigilancia tecnológica y otro de prospectiva con el método Delphi, las principales características de las tendencias investigativas en el desarrollo y utilización de los materiales metálicos empleados en la fabricación de partes para vehículos, conocer centros de investigación en este campo, las empresas que se encuentran trabajando sobre el tema, las patentes relacionadas y las publicaciones científicas sobre las investigaciones que se están llevando a cabo, entre otras fuentes de información.

Es de anotar que el sector de fabricación de partes para vehículos en Colombia fue seleccionado en el segundo semestre de 2008 por un conjunto de entidades, entre las cuales se encuentran algunas dependencias del gobierno, como uno de clase mundial, lo cual implicó la realización desde ese año de una serie de actividades para potenciar este sector de la economía nacional, como por ejemplo, la formulación de estrategias de competitividad y planes de negocio para su crecimiento e inserción en los mercados mundiales.

La cadena productiva autopartes-automotor presenta un gran dinamismo de desarrollo tecnológico e innovación en diferentes órdenes, como por ejemplo: Materiales para la fabricación de las diversas partes que conforman un vehículo, componentes eléctricos y electrónicos, entre otros aspectos.

En este trabajo se realizaron dos ejercicios complementarios: Uno de vigilancia tecnológica y otro de prospectiva con el método Delphi para identificar los principales desarrollos tecnológicos aplicables a los materiales metálicos: Aceros Avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio utilizados para la producción de autopartes de automóviles.

Las principales fuentes de información empleadas para el ciclo de VT fueron las bases de datos de artículos científicos como Sciencedirect y de patentes (Oficina de Marcas y Patentes de Estados Unidos y la Oficina de patentes Europea) y en su procesamiento y análisis se utilizaron las herramientas informáticas VantagePoint y Delphion.

El ejercicio de prospectiva con el método Delphi se condujo a tres rondas y se contó con la participación de profesionales pertenecientes a grupos de investigación en materiales y empresas del sector automotor con experiencia y conocimiento en las temáticas estudiadas.

La propuesta de los ejercicios de vigilancia tecnológica y prospectiva en materiales para el sector automotor, contribuirá a que esta cadena productiva se fortalezca, logre ser más productiva y competitiva para los desarrollos locales de nuevos productos, donde es fundamental el tema de los nuevos materiales, porque el sector industrial colombiano, incluidos los productores de piezas para vehículos, que aportan a la economía nacional valor agregado y empleo, debe ser apoyado mediante la generación de ambientes favorables que contribuyan a su expansión y mejoramiento de las capacidades competitivas.

OBJETIVOS

Objetivo General

Realizar un ejercicio de vigilancia tecnológica en el campo de los materiales metálicos para el sector automotor, a partir de la revisión de producción científica y de patentes en el periodo 2000-2009.

Objetivos Específicos

- Identificar las principales líneas de investigación y tecnologías emergentes en el campo de los materiales metálicos para el sector automotor.
- Detectar las principales empresas y equipos de investigación de los materiales metálicos para el sector automotor.
- Aplicar la metodología Delphi a 3 rondas para conocer la posibilidad de desarrollo en Colombia de las áreas tecnológicas identificadas.

1. ANTECEDENTES

1.1 EL PAPEL DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y LA PROSPECTIVA

La Vigilancia Tecnológica (VT) y la Inteligencia Competitiva (IC) representan un proceso sistemático en el que se capta, analiza y difunde información de diversa índole —económica, tecnológica, política, social, cultural, legislativa—, mediante métodos legales, con el ánimo de identificar y anticipar oportunidades o riesgos, para mejorar la formulación y ejecución de la estrategia de las organizaciones [1].

Es también importante mencionar que la vigilancia tecnológica es también definida por algunos autores y estudiosos del tema bajo el concepto de inteligencia competitiva, donde todos los integrantes de una organización, desde el director general hasta los trabajadores, son agentes de inteligencia valiosos y deben formar parte del proceso de recopilación de información [2]

En este sentido, es importante mencionar por ejemplo que en Estados Unidos, la organización Rand, National Security Research Division, publicó el análisis *The Global Technology Revolutions 2020*, en el que afirma que para ese año “la tecnología continuará un acelerado desarrollo, que integrará múltiples disciplinas científicas en una convergencia que afectará profundamente la calidad de vida de la sociedad, la industria, la economía y el establecimiento de los poderes políticos en la escena global. El uso de la tecnología obligará a los países a buscar la forma de participar de ella, porque de lo contrario se rezagarán” [3].

La Rand proyectó 16 usos claves de la tecnología para los próximos años, entre ellos las áreas de biotecnología, nanotecnología, tecnologías de materiales y de la información. Los seleccionó a partir de la probabilidad que tienen de ser comercializados y al impacto que pueden tener en la sociedad, principalmente los que se relacionan con las necesidades primarias de las personas, como el agua, el alimento, la tierra, la población, la gobernabilidad, la estructura social, la energía, la salud, el desarrollo económico, la educación, actividades de defensa y conflicto, el ambiente y la contaminación.

Los 16 usos claves de la tecnología en el 2020 y donde el tema de materiales es transversal a algunos de ellos, son [3]:

- Energía solar a bajo costo
- Comunicaciones inalámbricas rurales
- Acceso a la información en cualquier parte
- Cultivos genéticamente modificados
- Ensayos biológicos rápidos

- Técnicas avanzadas para filtrar y purificar el agua
- Drogas de acción específica
- Vivienda económica y autosostenible
- Producción limpia en la industria
- Identificación por radiofrecuencia de mercancías y personas
- Vehículos híbridos
- Sensores generalizados para vigilancia
- Ingeniería de tejidos
- Métodos sofisticados de diagnóstico y cirugía
- Computadores para llevar puestos en la ropa
- Criptografía cuántica

1.2 PROGRAMAS Y EJERCICIOS DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA EN COLOMBIA

Colciencias puso en marcha un programa de prospectiva desde 1986, llevando a cabo diferentes actividades referentes a este mismo tema en el periodo 1990-2000. Luego, a finales del año 2002, esta entidad, el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y la Corporación Andina de Fomento (CAF) dieron un paso adelante con la creación del Programa Colombiano de Prospectiva Tecnológica e Industrial, programa que también ha estado ligado al tema de vigilancia tecnológica [4].

Colciencias a través de este Programa ha impulsado desde el año 2005, el conocimiento y apropiación de la Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva por los Actores del Sistema Nacional de Innovación con los siguientes propósitos: a) desarrollar las capacidades nacionales en VT e IC mediante la adquisición de herramientas informáticas sofisticadas y la realización de jornadas de sensibilización en diferentes ciudades del país; b) adelantar ejercicios demostrativos y concretos de VT e IC; y c) facilitar la estrategia de implantación de unidades de VT e IC en centros de excelencia, en organizaciones, clusters, sectores, regiones o universidades interesados en la materia. Un ejemplo relevante es el trabajo con los Centros de Investigación de Excelencia, que incluye una fase de formación avanzada en técnicas de prospectiva y VT e IC, una fase de ejecución del ejercicio y otra de divulgación de los resultados. Algunos de los ejercicios que ha adelantado Colciencias en el marco del programa de prospectiva y vigilancia tecnológica se listan a continuación [4]:

- Seis ejercicios para las nuevas áreas de ciencia, tecnología e innovación (CTI) de Colciencias.
- Cuatro ejercicios para los Centros de Excelencia de Colciencias
- Cuatro ejercicios para Cadenas Productivas Agrícolas
- Dos ejercicios demostrativos para Agua y Energía

También es importante destacar que algunas instituciones o sectores productivos de diverso tipo, como el eléctrico y las incubadoras de base tecnológica, entre otras, se encuentran promoviendo la implantación de metodologías de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva en el país, o han desarrollado ejercicios de vigilancia aplicados a determinados sectores o cadenas productivas. A continuación se mencionan algunos casos.

- La incubadora de empresas de base tecnológica, Génesis ubicada en el oriente del departamento de Antioquia, realizó en el 2006 un seminario de una semana sobre la vigilancia tecnológica aplicada a cadenas productivas.
- El centro de desarrollo tecnológico del sector eléctrico, CIDET, ha realizado estudios de vigilancia tecnológica y prospectiva para este sector desde comienzos de la década de 2000.
- En el año 2007, se publicó el informe de “Vigilancia tecnológica y comercial en la cadena productiva de cacao y chocolate”, adelantado por el Ministerio de Agricultura, Colciencias y el grupo de investigación y desarrollo Biogestión de la Universidad Nacional, denominado también “Estudio prospectivo Para la elaboración de una Agenda de Desarrollo Científico-Tecnológico para la Cadena productiva del Cacao-Chocolate” [5].
- “Vigilancia como herramienta de innovación y desarrollo tecnológico. Caso de aplicación: Sector de empaques plásticos flexibles”. Estudio realizado por el Grupo de Biogestión de la Universidad Nacional en el año 2004. “Ejercicio de vigilancia tecnológica en el clúster de ropa interior femenina”, adelantado en el año 2006 por el centro de desarrollo tecnológico de la cadena textil-confecciones Cidetexco.
- Desarrollo de una herramienta informática para apoyar las actividades de vigilancia tecnológica por un grupo de investigadores del departamento de ingeniería de sistemas e industrial de la Universidad de Colombia. “La herramienta permite encontrar relaciones cognitivas y sociales en un conjunto de documentos extraídos de una base referencial tal como SCOPUS. Específicamente, la herramienta soporta las actividades de obtención de información de documentos científicos, extracción de metadatos, cálculo de estadísticas descriptivas, análisis de redes sociales, análisis de redes de palabras claves y visualización” [6].
- En el departamento del Huila se creó algunos años atrás, la Corporación Centro de investigación para la gestión tecnológica de la Passiflora del departamento del Huila “Cepass Huila”, que cuenta con una unidad de vigilancia tecnológica denominada “Vitec Huila”, que emite boletines periódicos de vigilancia tecnológica de interés para el sector frutícola.

1.3 EJERCICIOS DE VT Y PROSPECTIVA RELACIONADOS CON MATERIALES PARA EL SECTOR AUTOMOTOR

Otro estudio importante relacionado con materiales, fue el que realizó el Centro de Desarrollo Tecnológico de los Materiales, Fundación INASMET de España, entre los años 1998 y 2001, junto con el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) de este país. Este fue un ejercicio de prospectiva tecnológica industrial de los sectores aeronáuticos, ferrocarril, naval y automotor, con el horizonte del año 2015. En este estudio, se determinó que un factor clave en el desarrollo del sector transporte, era el de los materiales [7].

En este trabajo se agruparon los resultados obtenidos en torno a cada una de las seis grandes tendencias de futuro identificadas para el sector transporte [7]:

- Seguridad
- Sostenibilidad
- Intermodalidad
- Interoperabilidad
- Alta velocidad
- Eficiencia en la fabricación y en la explotación

Asociadas a estas tendencias, se encuentran las tecnologías clave para su evolución. Los materiales ocupan un lugar destacado como factor de desarrollo de estas y su definición es como se propone a continuación [7]:

- Materiales estructurales de elevada capacidad de absorción de energía y revestimientos de baja agresividad para las personas.
- Diseño y desarrollo de materiales y estructuras inteligentes.
- Desarrollo de métodos de predicción y ensayo de estructuras primarias en materiales compuestos.
- Tecnologías avanzadas de fabricación en materiales compuestos.
- Desarrollo de tecnologías avanzadas de evaluación no destructiva para diagnóstico *in situ* de vida residual.
- Desarrollo de componentes económicamente reciclables.
- Nuevos materiales para sistemas de propulsión alternativos (baterías, células de combustible, etc.).
- Desarrollo de catalizadores y filtros de partículas.
- Desarrollo de sistemas de unión
- Desarrollo de materiales y lubricantes avanzados para la reducción de pérdidas por rozamiento (tribología).
- Materiales inteligentes (activos) para la atenuación del ruido interno.
- Nuevos materiales absorbentes (activos) ligeros y de bajo coste.

- Nuevos materiales más eficientes y tolerantes al daño.
- Desarrollo de materiales considerando inflamabilidad, toxicidad y emisión de humos y buen comportamiento al impacto.
- Nuevos conceptos y aplicaciones de tecnologías de fabricación aeronáutica
- Nuevas tecnologías de fabricación de componentes metálicos.
- Conformado de materiales superplásticos.
- Desarrollo y aplicación de materiales no metálicos de altas prestaciones y bajo coste, considerando la inflamabilidad, toxicidad, reciclado y antivandalismo.
- Revestimientos conformables.
- Desarrollo de textiles avanzados para el transporte ferroviario.
- Desarrollo de tecnologías y materiales con características mejoradas.

1.4 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La reducida capacidad tecnológica constituye una desventaja para los proveedores locales de autopartes y el alto costo de desarrollo de innovaciones constituye una traba para empresas de baja capacidad financiera. Esto da lugar a un proceso de selectividad y concentración de los proveedores, a lo cual, estos pretenden enfrentar modernizando sus procesos productivos [8].

Con los tratados de libre comercio, al país pueden ingresar automóviles sin aranceles. Lo anterior significa que las ensambladoras y fabricantes de piezas o partes para vehículos ubicados en Colombia deben igualar o incluso superar los niveles de competitividad de las plantas de otros países que hayan firmado este tipo de tratados con Colombia; esta es una de las razones principales, por las cuales la industria automotriz nacional debe buscar la forma de ser competitiva a nivel internacional y uno de los caminos es impulsar áreas del conocimiento y de la economía que produzcan mayor valor agregado, como es el caso de los materiales. Para trabajar en lo anterior, se debe promover la identificación de líneas de investigación que conduzcan a la ejecución de proyectos de desarrollo tecnológico e innovación que proporcionen un mayor valor agregado a la utilización de los distintos materiales en la fabricación de autopartes.

El hecho de que las empresas ensambladoras y proveedoras de partes no cuenten entre sus planes con un sistema de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva que apoye en la identificación de nuevas líneas de investigación, representa el desaprovechamiento de una oportunidad crucial para avanzar más rápido en la inserción adecuada en las nuevas dinámicas de mercado, toda vez que para ser competitivas, deberán regir su desarrollo tecnológico por respuestas anticipadoras o al menos oportunas y no por respuestas reactivas frente a posibles nuevas o emergentes tecnologías.

Para el caso de los materiales, se requieren herramientas de gestión tecnológica que apoyen la búsqueda de información para la formulación y gestión de proyectos de investigación básica y aplicada en áreas del conocimiento ya establecidas o nuevas y además de transferencia tecnológica en el desarrollo, producción y adquisición de materiales para la industria automotriz colombiana, con el propósito de estar a la par en el desarrollo de este sector con las tendencias internacionales.

1.5 DECLARATORIA COMO SECTOR DE CLASE MUNDIAL

La definición de que es un sector estratégico es compleja, ya que algunos teóricos del desarrollo han considerado que la elección de un sector como estratégico obedece más a intereses regionales y/o nacionales, que a respuestas del mercado, en esta perspectiva, un sector estratégico es aquel cuyo desarrollo y auge permite que la política pública y macroeconómica alcance sus metas y objetivos [9].

El gobierno nacional a través del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo, inició la estructuración desde el año 2008 de un “Programa de Transformación Productiva” donde ha seleccionado seis sectores que considera de clase mundial con el propósito de formular una serie de estrategias que permitan alcanzar un grado de desarrollo mayor para estos, con el fin de que puedan competir en mejores condiciones en los mercados internacionales. El sector autopartes, por su grado de desarrollo alcanzado hasta ahora, se menciona como uno que lidera el camino.

En términos generales, el propósito de esta nueva política consiste en “diseñar las iniciativas que permitan un incremento de las exportaciones y formalizar la inversión en cada uno de estos sectores” y se plantea además como objetivo general de este nuevo programa, “elaborar los lineamientos estratégicos para lanzar iniciativas que desarrollen sectores de clase mundial” [10].

En el inicio de este trabajo de selección de los sectores de categoría mundial, se recurrió también a la vigilancia tecnológica, donde de hecho, una de las organizaciones de consultoría contratada por el Ministerio de Comercio para acompañar este proceso, la firma Araujo Ibarra y Asociados, desarrolló un ejercicio de vigilancia tecnológica y de mercado para elaborar “una guía de consulta de normas técnicas y nueva tecnología”, para identificar las normas técnicas existentes en el mercado de Estados Unidos, así como la mejor tecnología aplicable a la producción de los bienes identificados en el estudio que realizó esta consultora, el cual se tituló, “500 nuevos productos con gran potencial de mercado en los Estados Unidos” [10].

Otro estudio, por encargo del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo sobre este sector, fue adelantado por la compañía consultora McKinsey & Company, el cual se realizó con el fin de plantear estrategias para el desarrollo de los sectores de clase mundial en Colombia, el cual hace referencia precisamente a que las empresas autopartistas colombianas deben trabajar con un mayor énfasis en los materiales avanzados con los cuales se están fabricando los automóviles en el mundo, dado que se corresponde con la apreciación de que “las tendencias emergentes también tienen un efecto sobre la industria en Colombia”, donde se aprecian las tendencias y las posibles consecuencias para Colombia, como se muestra en el siguiente esquema [11]:

6
Demanda:
Materiales
avanzados

- Disponibilidad o proximidad de ciertos materiales innovadores puede apalancarse en ventajas logísticas (p.ej.: productos de origen petroquímico en Colombia)
- Cambios pueden requerir una transformación para algunos segmentos intensivos en materiales “tradicionales” (p.ej. desarrollo de materiales más livianos)

También se llevó a cabo otro estudio que se apoyó en la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva, elaborado por el jefe del Programa Nacional de Prospectiva Tecnológica e Industrial, Javier Medina Vásquez, dentro del desarrollo de este programa con los sectores de clase mundial, llamado “Escenarios y estrategias de transformación productiva para Colombia” [12].

La vigilancia tecnológica (VT) y la inteligencia competitiva (IC) fueron utilizadas para el desarrollo metodológico del estudio, con lo cual se identificaron las capacidades nacionales en investigación, educación e innovación.

Se utilizó la VT para la prospección de la Red Scienti y el Sistema Integrado de Gestión de Proyectos, SIGP de Colciencias, la red del Sistema Nacional para la Educación Superior, SNIES del Ministerio de Educación Nacional para conocer las capacidades en educación y la base de patentes de la Superintendencia de Industria y Comercio (SIC).

A partir de este ejercicio de VT se plantearon una serie de recomendaciones para el trabajo en diferentes campos de acción con estos sectores de clase mundial, en el cual se encuentra el de autopartes.

Algunas recomendaciones de este estudio fueron [12]:

- Financiar rápidamente líneas de transferencia tecnológica en estos sectores productivos.
- Crear estrategias de formación por nivel e intensidad tecnológica
- Reconponer las cadenas de formación en los distintos niveles

- Desarrollar capacidades sentidas en muchos temas y oportunidades del sector productivo, pero que no han sido atendidos por las comunidades académicas.
- Apalancar recursos del sector privado en muchas áreas donde existe una gran comunidad pero insuficientes inversiones.
- Crear comunidades de práctica para establecer mayores vínculos entre oferta y demanda en algunos sectores de gran importancia estratégica para el país, como el de autopartes por ejemplo.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Actualmente se considera que la apropiación de información y conocimiento de forma sistemática, son elementos de gran importancia para cualquier tipo de organización, con los cuales se contribuye a asegurar su rentabilidad y supervivencia. La gran competitividad actual obliga a las empresas a permanecer constantemente informadas de todo lo que ocurre a su alrededor, estructurando de esta forma la función de vigilancia en la empresa donde se proporciona una adecuada información a los tomadores de decisiones en el momento oportuno [13].

Deberá ser siempre importante tener que buscar información, mantenerla actualizada y disponible para la toma de decisiones, sobre aspectos como por ejemplo:

Patentes, modelos de utilidad o diseños industriales, tanto nacionales como del resto del mundo. Es importante conocer varios aspectos relacionados con las patentes, por ejemplo, saber el momento en el que se realiza la solicitud de registro permite conocer la aparición temprana de una tecnología; si se desea detectar competidores o buscar socios para establecer acuerdos de cooperación o transferencia tecnológica, es útil conocer la fecha de su publicación.

- Legislación y normativas que puedan afectar la actividad de la organización o la de clientes o proveedores.
- Noticias sobre avances científicos y técnicos.
- Artículos científicos
- Tesis doctorales y publicaciones científico-técnicas de universidades, y centros de investigación.
- Información sobre ayudas y subvenciones.
- Productos, precios, calidades y condiciones de venta de los competidores.

Los ejercicios de vigilancia tecnológica permiten mejorar la gestión de I+D, desarrollo y transferencia de tecnología, por los siguientes factores [13]:

- Definir de las líneas de I+D estratégicas para la inversión en las empresas.
- Mejorar en la selección y comparación de tecnologías para realizar una inversión.
- Definir las líneas de I+D en las que haya que seleccionar socios tecnológicos y negociar licencias de una determinada tecnología.

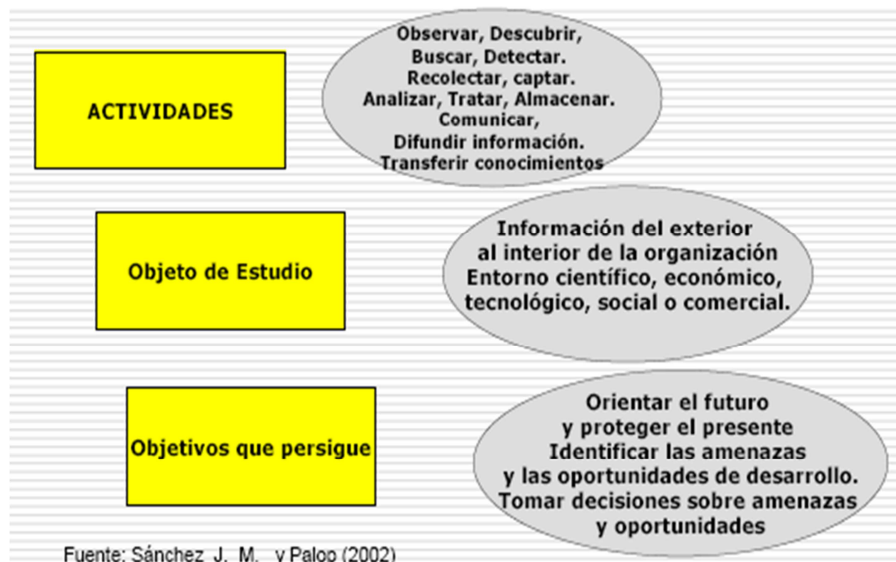
De esta forma, profundizar en la teoría, comprensión y aplicación de una herramienta como la vigilancia tecnológica, es un aspecto importante que debe tener presente cualquier organización, o incluso a nivel personal, para allegar cambios que se suceden en el entorno y poder definir así estrategias de respuesta y anticipación a estos, con el propósito de mejorar cada vez más frente a unos determinados estándares [14].

Se pueden tener diferentes tipos de vigilancia en función de la clase de información a la que debe prestar atención, como pueden ser: Vigilancia competitiva, comercial, tecnológica y del entorno; para lo cual la vigilancia es una herramienta de gestión que permite a la empresa reducir el riesgo en sus decisiones y acrecentar sus oportunidades [15].

Un sistema de vigilancia tecnológica puede definirse como “la búsqueda, detección, análisis y comunicación a la dirección de la empresa de información orientada a la toma de decisiones estratégicas sobre amenazas y oportunidades externas en el ámbito de la ciencia y la tecnología”. Es el esfuerzo sistemático y estructurado llevado a cabo por la organización de observación, captación, análisis y recuperación precisa de información sobre los hechos del entorno económico, tecnológico, social o comercial, relevantes para la misma, al poder implicar una amenaza u oportunidad para esta [15].

En general, la VT se puede resumir como aparece en la figura 1.

Figura 1. Principales aspectos de la vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva



2.1.1 Diversos tipos de vigilancia [15]

Vigilancia del mercado. Se tienen en cuenta los siguientes aspectos o factores:

- Cuáles pueden ser los elementos impulsores del mercado y sus tendencias.
- Cuáles son los segmentos del mercado de más alto valor
- Que nuevos competidores pueden aparecer
- Cuales podrán ser las necesidades futuras del mercado

Vigilancia de los competidores y clientes. Igual al caso anterior, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Cuáles son los mejores competidores
- Cuáles son los objetivos y estrategias de los actores claves
- Comparación de los recursos, costos y rendimientos con respecto a otras organizaciones.

Vigilancia tecnológica. Los siguientes se pueden considerar como algunos de los principales factores que debería tener en cuenta una organización en cuanto al tema propiamente de la vigilancia tecnológica:

- Cuál es el estado del arte con respecto a otras tecnologías alternativas.
- Como es la I+D en otras entidades
- Que logros significativos se pueden esperar
- En que tecnologías se encuentran investigando los competidores
- Cuál es el nivel de la investigación de los competidores
- Que oportunidades y amenazas esperan a nuestra tecnología
- Cuál son las capacidades que poseen otras organizaciones

Un proceso de VT e IC realizado de modo coordinado y continuo, posibilita el desarrollo de competencias en el ámbito de la innovación. Como resultado, las empresas pueden ofrecer un conjunto de servicios y productos que sean competitivos internacionalmente. Los procesos de innovación basados en VT e IC facilitan la respuesta al entorno global, por parte de las empresas, las universidades e instituciones del gobierno de fomento al desarrollo productivo y en general casi de cualquier tipo de organización [16].

Igualmente la VT y la IC son excelentes herramientas para señalar sectores emergentes de investigación, actualizar conocimientos y explorar posibles nichos en los que puede llegar a competir el país u organización. Evita destinar recursos humanos y económicos en áreas cuya obsolescencia es inevitable. Identifica expertos a nivel global y permite establecer la capacidad de instituciones, grupos de investigadores e incluso empresas para llevar a cabo acuerdos de I&D [16].

2.1.2 El ciclo de vigilancia tecnológica

La vigilancia tecnológica implica la ejecución de un ciclo de actividades que pretenden dar coherencia a un ejercicio de este tipo, de tal forma que se asegure la obtención de unos adecuados resultados, que se muestre para una organización, cual podría ser un camino conveniente para la formulación de una estrategia de desarrollo tecnológico y que se apoye la toma de decisiones.

En este orden de ideas, un ciclo de vigilancia tecnológica, parte de definir inicialmente los siguientes aspectos [17]:

- Cuál es el objeto del ejercicio de vigilancia
- Que se debe vigilar
- Que información buscar
- Donde localizar esta información
- De qué forma comunicarla
- A quien dirigirla
- Que medios se van a utilizar para su comunicación

Teniendo claro las anteriores bases, aparecen en el ciclo de vigilancia las siguientes fases del proceso, como se muestra en la figura 2.

- a) Planeación. Identificar las necesidades de VT y los factores críticos de vigilancia
- b) Se tienen en cuenta las condiciones del entorno científico, tecnológico, económico, comercial y social.
- c) Obtención o captura de la información pertinente sobre un tema, problema o proyecto. Se trata de observar, buscar, descubrir, detectar, recolectar, captar información de diversa índole, pero relacionada con el tema de estudio, para no perder el foco e incurrir en esfuerzos innecesarios o que puedan ser poco fructíferos en resultados.
- d) Se almacena y organiza la información para su procesamiento, análisis e interpretación.
- e) Comunicar y aplicar inteligencia. Es la comunicación o difusión del análisis efectuado a la dirección de la empresa o entidad. Se da valor añadido a la información para incidir en la estrategia de la organización, a través de la transferencia del conocimiento.

- f) Toma de decisiones sobre la cuestión examinada por parte de la dirección. Definición de una estrategia de la organización, para anticiparse, protegerse y detectar oportunidades o amenazas. La cadena puede fallar, por tanto, si la información capturada es irrelevante o insuficiente, si el análisis está incompleto o es de mala calidad y si el informe se transmite mal a la dirección, o si finalmente la dirección no cree oportuno actuar. Es absolutamente necesario que la dirección esté comprometida y apoye todas las etapas del ciclo de vigilancia que se emprende.

Figura 2. Ciclo de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva



Un aspecto de gran importancia cuando se practica la vigilancia tecnológica y la inteligencia competitiva, es realizar una adecuada validación de la información. El tratamiento inicial de la información debería validar los datos en términos de su relevancia y veracidad. Los datos recopilados son pertinentes si se ajustan a las necesidades de información del decisor y tienen valor si se comprueba que son veraces. En algunos casos puede suceder que la validación total de la información primaria no sea posible.

Por tanto, la validación debe ser un paso necesario y realizarse siempre, de forma sistemática. Entre las mejores prácticas para la validación de la información pueden citarse las siguientes [18]:

Identificar la fuente original de donde procede la información y comprobar su credibilidad. En el caso de datos estadísticos, comprobar el procedimiento por el que se han obtenido estos datos.

En la búsqueda de distintas fuentes para una información determinada, comprobar que las fuentes originales son diferentes. Si se encuentran datos diferentes para el mismo tema (por ejemplo, distintas cifras para los ingresos por ventas de una empresa, o la cuota de mercado de la misma), es importante recordar que los datos verdaderos no son necesariamente los más citados. Comprobar la información con la ayuda de expertos externos.

2.1.3 Análisis de patentes y artículos técnicos y científicos

El caso de búsqueda y análisis de patentes y artículos técnicos y científicos también se consideran como herramientas poderosas para la gestión de la innovación y el desarrollo tecnológico. Constituyen fuentes de extraordinario valor para la empresa. Su valor es examinado en el informe de la OMPI, “El papel de la información de patentes en la planificación estratégica de centros de investigación y desarrollo. Experiencia española”, desde cuatro puntos de vista diferentes [19]:

a) Desde el punto de vista de la Investigación con fines tecnológicos para:

- Conocer el “estado de la técnica”
- Evitar duplicar esfuerzos en investigación
- Resolver problemas tecnológicos concretos
- Detectar nuevas tecnologías
- Detectar nuevos usos de tecnologías ya conocidas
- Localizar socios con los que se puedan establecer alianzas

b) Desde el punto de vista del mercado para:

- Vigilancia de la competencia
- Detectar las empresas más activas tecnológicamente
- Detectar las tendencias de tecnologías y productos
- Análisis de mercado y simulación de escenarios

c) Desde el punto de vista de la protección jurídica para:

- Analizar la protección mediante patente de los resultados de I +D
- Redactar solicitudes de patentes
- Obtener patentes en el extranjero
- Localizar patentes ajenas que puedan ser de interés
- Evitar la infracción de patentes propias y ajenas

d) Desde el punto de vista de la interrelación mercado-protección jurídica para:

- Valorar cualitativa y cuantitativamente una tecnología
- Negociar las licencias

- Obtener transferencia de tecnología
- Detectar y obtener tecnologías de libre uso

Las patentes son utilizadas por las empresas a la hora de invertir en investigación de nuevos productos o procedimientos, cuyos resultados les permitirán diferenciarse y obtener ventajas competitivas (estrategia empresarial ofensiva). Igualmente, las patentes permiten excluir a competidores de una determinada área (patentes críticas), en la cual a menudo, su titular no tiene siquiera la intención de competir (estrategia empresarial defensiva). Por otro lado, las patentes constituyen valiosas herramientas en la negociación de acuerdos y alianzas estratégicas [19].

2.1.4 Herramientas utilizadas para la gestión de la información

ScienceDirect

Es una base de datos de información científica, donde se pueden encontrar textos completos de artículos científicos publicados por investigadores en distintas áreas del conocimiento y de diferentes revistas. Estas áreas son numerosas, como por ejemplo: Materiales, energía, robótica, procesos industriales y en general, una variedad de áreas tecnológicas y publicaciones muy amplia.

VantagePoint

Esta es una importante herramienta para el análisis de información en grandes volúmenes de textos estructurados para identificar patrones y relaciones entre diversos tópicos, como por ejemplo: Palabras claves, términos que describen una determinada tecnología o área del conocimiento, autores, nombres de organizaciones, fechas, entre una gran variedad de información. Con esta herramienta se pueden analizar los artículos científicos y las patentes, por ejemplo. Uno de los resultados importantes que se logran, corresponde a la obtención de mapas tecnológicos en determinadas áreas del conocimiento.

Delphion

Es una herramienta que permite tener acceso a las principales bases de patentes del mundo para la gestión de la propiedad intelectual y los avances científicos y tecnológicos, como por ejemplo, la oficina de marcas y patentes de Estados Unidos, la Oficina Europea de Patentes, la oficina de patentes de Alemania, entre muchas otras oficinas de este tipo. En general, tiene acceso a más de 54 millones de documentos de patentes en el mundo. Igual que en el caso de VantagePoint, uno de los resultados importantes es la obtención de mapas tecnológicos en determinada área del conocimiento, entre otras importantes ayudas para el desarrollo de las actividades de vigilancia tecnológica.

2.2 PROSPECTIVA Y MÉTODO DELPHI

2.2.1 Prospectiva

Esta disciplina se entiende como el arte y/o ciencia de estudiar y prever el futuro, donde se parte del análisis de situaciones, factores o aspectos que pueden afectar a este, concentrando la atención sobre el porvenir, imaginándolo a partir del futuro y no del presente; no se busca adivinarlo, sino construirlo a partir de la realidad, en función de aquellos futuros posibles y deseables [20].

Los estudios de futuro parten de los siguientes principios básicos:

- Como punto de partida se requiere conocer el pasado y el presente para conocer el futuro, donde el conocimiento puede generar una amplia gama de futuros posibles o deseables.
- El futuro se puede construir, por lo que se puede tener un impacto sobre este, de acuerdo con las aspiraciones de un determinado colectivo.
- El futuro además se puede estudiar relacionado las opciones, valores y principios de un grupo social y que son diferentes entre generaciones y culturas.

Objetivos de la prospectiva [20]:

- Orientar la acción presente a la luz de futuros deseables
- Señalar la dirección de futuros posibles distinguiendo, dentro de la avalancha de hechos del presente, aquellos portadores del futuro.
- Anunciar la ocurrencia de un evento futuro, sea para propiciarlo o impedirlo.
- Complementar la planeación tradicional con una visión más amplia y de largo plazo.
- Adoptar una visión global y sistemática en el objeto estudiado

Interrogantes que se plantean con los estudios de prospectiva:

- ¿En dónde estamos?
- ¿Hacia dónde vamos?
- ¿Hacia dónde debemos ir?
- ¿Hacia dónde podemos ir?
- ¿Qué hacer ahora?

Para determinar los futuros probables, la prospectiva emplea tres medios: Los expertos, los actores y las leyes matemáticas de la probabilidad [20].

- Los expertos: Que conocen a cabalidad el problema
- Los actores: Quienes toman decisiones claves con respecto al problema

- Las leyes matemáticas de la probabilidad: Para ordenar y manejar las opiniones de los expertos.

2.2.2 Métodos utilizados en prospectiva

Para llevar a cabo un estudio prospectivo se requiere tener claro el fenómeno a estudiar, la documentación adecuada del tema, la selección de los expertos y actores según la calidad en conocimientos y poder de decisión de estos, los recursos necesarios para llevar a cabo el estudio y la selección adecuada del método prospectivo.

Descripción de algunos de los principales métodos utilizados para llevar a cabo ejercicios de prospectiva [20]:

- Dictamen de un grupo de expertos: Se obtiene la opinión de un grupo de personas con conocimientos en un tema a estudiar.
- Escenarios: Consiste en una representación de la realidad futura para iluminar la acción presente a la luz de futuros posibles y deseables, donde a su vez también se tienen en cuenta aspectos políticos, técnicos, sociales, económicos, entre otros. Los escenarios pueden ser exploratorios, donde se parte de las tendencias pasadas y presentes para mostrar un futuro verosímil y los normativos o de anticipación, que se construyen a partir de diferentes imágenes deseables o no del futuro.
- Árboles de relevancia: Esta técnica permite establecer si un objetivo es alcanzable o cuando será posible. Es un sistema de planificación que se puede emplear para definir las subunidades críticas de los principales objetivos y así planificar el camino más apropiado para alcanzar un objetivo. Esta técnica consiste en un listado con varias ramas, similar a un organigrama, en el que cada una de las ramas representa las diferentes alternativas tecnológicas para llegar al objetivo. Una vez dibujado el árbol, pueden asignarse valores cuantitativos a cada nudo, según la contribución al objetivo planteado.
- Análisis morfológico: La morfología se refiere a la estructura y forma de las cosas y los sistemas. Busca las dimensiones o funciones más relevantes de un problema específico y las posibles formas o variables para satisfacerlas. Por ejemplo, en el caso de exploración para nuevos envases, estas dimensiones o funciones pueden ser: La forma, el material y el contenido, donde variables asociadas a estas pueden ser cilindro y cono; plástico y Aluminio; líquido y gas. El método consiste en examinar sistemáticamente cada una de las posibles combinaciones de variables que satisfacen a las dimensiones principales.

2.2.3 Método Delphi

Este es uno de los métodos más empleados para llevar a cabo estudios prospectivos y por tal razón se explica con un mayor grado de detalle con respecto a los mencionados en el numeral anterior. Este se define regularmente como un método para estructurar el proceso de comunicación grupal, de modo que esta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos [20].

Este método consiste en consultar individualmente a un panel de expertos seleccionados según su profesión, cultura o cargo, con el objetivo de identificar escenarios futuros en los temas de interés. Los cuestionarios se administran en sucesivas rondas (al menos dos), en las que se intenta, a través de la presentación de los resultados de la ronda anterior, generar pronósticos de consenso creciente, es decir, se hace una retroalimentación al panel de expertos en cada ronda efectuada para tratar de lograr un consenso sobre el tema de estudio.

Un ejercicio Delphi está conformado por dos grupos diferentes: El grupo monitor encargado del diseño y el desarrollo del ejercicio prospectivo, quien construye los cuestionarios y apoyos académicos, además de realizar el análisis de los datos y resultados que se arrojan en cada una de las etapas o rondas. El otro grupo es el de los expertos seleccionados por su conocimiento o injerencia en el tema de estudio para responder a los cuestionarios formulados por el equipo monitor o conductor del ejercicio.

Fases en un ejercicio Delphi [20]:

- La fase inicial es una exploración del tema en discusión. Cada individuo contribuye con la información adicional que considera pertinente.
- La segunda fase comprende el proceso en el cual el grupo logra una comprensión del tema. Salen a la luz los acuerdos y desacuerdos que existen entre los participantes (panelistas expertos) con respecto a la temática en estudio.
- La tercera fase explora los desacuerdos, se extraen las razones de las diferencias y se hace una evaluación de ellas.
- La cuarta fase es la evaluación final cuando toda la información previamente reunida ha sido analizada y los resultados obtenidos han sido enviados a los panelistas como retroalimentación para tratar de obtener nuevas consideraciones.

2.2.4 Características de un ejercicio Delphi

- **Anonimato:** Durante la realización del ejercicio, ningún experto conoce la identidad de los otros participantes que componen el grupo de debate. Esto es así porque presenta la ventaja de superar los problemas que pueden surgir en los encuentros cara a cara donde uno o más miembros del grupo puedan influenciar a los demás participantes. También permite que alguien cambie de opinión sin que esto represente pérdida de imagen.
- **Iteración y retroalimentación controlada:** La iteración se consigue al presentar varias veces el mismo cuestionario, cuya evaluación por el grupo monitor se realiza de modo tal, que sus resultados puedan incorporarse como información adicional a las preguntas de los cuestionarios siguientes (realimentación a los panelistas expertos). Esto permite a los participantes poder revisar sus planteamientos, a la luz de la nueva información que se les está entregando.
- **Respuesta del grupo en forma estadística:** La información que se le presenta a los expertos no es sólo el punto de vista de la mayoría, sino que se presentan todas las opiniones indicando el grado de acuerdo que se ha obtenido.

2.2.5 Tipos de Delphi más utilizados en nuestro medio

Según el objetivo buscado puede clasificarse como [20]:

- **Delphi Prospectivo:** Diseñado para proyectar variables, eventos, tendencias que servirán de apoyo en la toma de decisiones. Se caracteriza por la búsqueda del consenso entre las opiniones de los participantes, evitando los problemas que se podrían producir en un encuentro cara a cara.
- **Delphi Normativo o de Política:** Es una herramienta de análisis de políticas alternativas y no un mecanismo de toma de decisiones. Su objetivo es asegurar que todas las posibles opciones de un problema han sido expuestas y consideradas de modo que se pueda estimar el impacto y consecuencias de cualquier opción en particular, analizar y estimular la aceptabilidad de una determinada opción. Su carácter normativo lo enfoca hacia lo que deberá hacerse en lugar de identificar lo que sucederá.

2.3 LOS MATERIALES DE INGENIERÍA

2.3.1 Ciencia e ingeniería de los materiales

El uso de la materia prima por el hombre ha sido una de las principales actividades inspiradoras de la civilización. La existencia y comportamiento social del ser humano en todas las épocas de su historia han estado ligados a la manipulación de los materiales [21].

Todos los productos manufacturados del trabajo humano desde elementos como los zapatos hasta el computador, pasando por el teléfono o cualesquier otro, se encuentran hechos de algún tipo de material. La capacidad del hombre para encontrar, inventar y utilizar materiales nuevos o de mejorar las características de los ya conocidos, ha permitido satisfacer las nuevas y crecientes exigencias de una vida más cómoda, de un transporte más rápido y seguro, de unas comunicaciones a larga distancia, entre otras miles de aplicaciones o usos [21].

El objetivo principal de la ciencia e ingeniería de los materiales es el conocimiento básico de la estructura, las propiedades y la fabricación de materiales, de modo que estos puedan ser convertidos en lo que la sociedad necesita o desea.

Es además un campo interdisciplinario que se ocupa de inventar nuevos materiales y mejorar los ya conocidos, mediante el desarrollo de un conocimiento más profundo de las relaciones entre micro estructura, composición, síntesis y procesamiento.

2.3.2 Tipos de materiales [22]

- **Metálicos:** Son sustancias inorgánicas compuestas por uno o más elementos metálicos (aleaciones) como Cobre, Aluminio, Hierro, Níquel, Titanio, entre otros y pueden contener algunos elementos no metálicos como Carbono, Silicio, Nitrógeno y Oxígeno. Los metales y las aleaciones (compuestos de varios elementos metálicos y no metálicos), suelen dividirse en ferrosos y no ferrosos. Los primeros poseen un alto contenido de hierro, mientras que los segundos contienen elementos como el cobre, Aluminio, Magnesio, entre otros. Presentan buena conductividad eléctrica y térmica, tienen una resistencia relativamente alta, gran rigidez y ductilidad, entre otras características importantes.
- **Materiales poliméricos:** Son materiales orgánicos comunes que están compuestos de largas cadenas o redes moleculares basadas frecuentemente en compuestos orgánicos (precursores que contienen Carbono) y se producen con un proceso llamado polimerización. Entre los materiales poliméricos se encuentran el caucho (elastómeros), los plásticos

y muchas clases de adhesivos. Normalmente no son adecuados para uso a altas temperaturas. Tienen buena resistencia a la corrosión, pero no son adecuados para trabajos a altas temperaturas. Existen polímeros termoplásticos cuyas cadenas moleculares no están unidas en forma rígida y por lo tanto tienen buena resistencia y formabilidad y los polímeros termofijos, cuyas cadenas moleculares se encuentran estrechamente enlazadas, lo que los hace más resistentes, pero a la vez más frágiles.

- Cerámicos, vidrios y vitrocerámicos: Son materiales cristalinos inorgánicos como la arena de la playa y las rocas. Los cerámicos avanzados son materiales obtenidos refinando cerámicos naturales y con otros procesos especiales. Algunos materiales se usan como recubrimientos, actuando como barrera para proteger sustratos metálicos en motores de turbinas, por ejemplo. También se usan en otros productos como pinturas, sustratos que albergan chips de computadora, sensores y actuadores, bujías de motores, aislantes eléctricos y muchas otras aplicaciones.
- Semiconductores: Son materiales a base de silicio, germanio y arseniuro de galio, como los que se usan en las computadoras y la electrónica. Su conductividad eléctrica es intermedia entre la conductividad de los materiales metálicos y la de los aisladores cerámicos. Son muy importantes en la actual era de las tecnologías de la información, por su utilización en dispositivos electrónicos como transistores, diodos y circuitos integrados.
- Materiales compuestos (composites): La idea principal en esta categoría, es combinar las propiedades de materiales distintos para formar un nuevo material con propiedades que no posee un solo material, normalmente mejoradas. El concreto y los plásticos reforzados con fibra de vidrio son ejemplos de materiales compuestos. Con estos se pueden obtener otros materiales ligeros, resistentes, dúctiles y resistentes a altas temperaturas. Los vehículos aéreos y aeroespaciales dependen mucho de materiales compuestos como por ejemplo, los polímeros reforzados con fibra de Carbono, al igual que ciertos equipos o elementos deportivos como bicicletas, palos de golf, raquetas de tenis, entre otros, ya que son livianos y rígidos.

2.3.3 Clasificación funcional de los materiales

Otro tipo de clasificación que se puede realizar sobre los materiales, es aquella que se realiza dependiendo de su función, como por ejemplo [23]:

- Materiales para aplicaciones en energía y ambiente
- Estructurales
- Biomédicos

- Eléctricos
- Magnéticos
- Ópticos
- Electrónicos
- Inteligentes
- Aplicaciones aeroespaciales

3. METODOLOGÍA

En la figura 3 se aprecia un esquema de la metodología para el desarrollo de los ejercicios de Vigilancia Tecnológica y Prospectiva con el método Delphi y donde al final se integran los resultados de la información obtenida con la ejecución de los dos ejercicios.

Figura 3. Esquema del desarrollo metodológico de los ejercicios de VT y Prospectiva



A continuación se explica con un poco más de detalle cada una de las etapas de la metodología planteada en la figura 3.

3.1 DEFINICIÓN DE NECESIDADES

Para el caso de este ejercicio en particular, se pretende dar respuesta a la siguiente necesidad: Tendencias en materiales metálicos usados en la construcción de vehículos.

Esta necesidad se definió de acuerdo con una indagación preliminar de información en diversas fuentes como artículos científicos, reportes o informes acerca del desarrollo tecnológico del sector automotor, noticias de ferias y otros

eventos, emitidos por centros de investigación, ensambladoras de autos y otras organizaciones relacionadas con la industria automotriz, donde un tema de análisis permanente es el de los materiales, dado su gran impacto en el desempeño y costo de los automóviles, por lo cual, la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación son una constante en esta área del conocimiento.

3.2 FACTORES CRÍTICOS DE LA VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Se determinaron los siguientes Factores Críticos de Vigilancia (FCV) en relación con los materiales metálicos empleados en la industria automotriz, donde se precisaron los aspectos a vigilar deseados, normalmente en forma de preguntas y a ser respondidas en la elaboración del informe final.

- ¿Cuáles son los materiales metálicos utilizados actualmente en la fabricación de vehículos automotores?
- ¿Cuáles son las tendencias tecnológicas en el desarrollo y utilización de materiales metálicos para el ensamble de autos?
- ¿Cómo se encuentra el desarrollo de esta temática en empresas, ensambladoras de vehículos y proveedores de partes para estos?
- ¿Qué instituciones como centros de investigación, universidades, centros de desarrollo tecnológico, grupos de investigación se encuentran trabajando el tema, cuáles son sus resultados actuales y quiénes son los investigadores más destacados?
- ¿Qué países desarrollan más proyectos de investigación respecto a los materiales metálicos para vehículos y cuáles son los resultados?

3.3 BÚSQUEDA Y RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

El desarrollo del informe contempla la consulta de información tanto estructurada como no estructurada. Así, la información no estructurada se obtuvo a través de motores de búsqueda en Internet. Particular interés se tuvo en identificar trabajos realizados sobre el tema en otros países con objetivos similares.

La búsqueda de información se realizó también para identificar centros de investigación e investigadores, información de publicaciones científicas, conocer países, empresas o instituciones líderes en el tema, entre otros aspectos relevantes para alcanzar el objetivo del ejercicio de vigilancia tecnológica.

En cuanto a la información estructurada, la investigación se centró tanto en la revisión de artículos científicos como en la revisión de patentes. De esta forma, la búsqueda de artículos científicos se realizó a través de las bases de datos documentales Sciencedirect e Internet.

Para el estudio de patentes se utilizó la herramienta de búsqueda y análisis conocida como Delphion, con la cual se realizó un registro en las principales bases de datos u oficinas de patentes del mundo, como por ejemplo, la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos, la Oficina Europea de Patentes, la oficina alemana de patentes, entre otras.

La ventana de tiempo utilizada para estas búsquedas comprendió el periodo entre los años 2000 y junio de 2010, considerado razonable para establecer tendencias.

3.4 APLICACIÓN DE UN EJERCICIO PROSPECTIVO CON EL MÉTODO DELPHI

Este ejercicio permitió corroborar y complementar nueva información al trabajo de vigilancia tecnológica realizado con el estudio de artículos científicos, patentes y otras fuentes de información (principalmente documentos de Internet), acerca de las áreas tecnológicas o líneas de investigación prioritarias para el sector automotor colombiano, en relación con los materiales metálicos avanzados y que tienen la mayor probabilidad de proporcionar beneficios económicos y sociales para el país, de acuerdo con la opinión de un grupo de expertos consultados sobre esta temática.

3.4.1 Preliminares

Esta primera etapa consistió en reunir información de diversas fuentes sobre el tema de los materiales metálicos avanzados. Se buscó información en revistas científicas y técnicas de las bases de datos ScienceDirect (de la casa editorial Elsevier). Igualmente se realizó un seguimiento de información en Internet sobre información general acerca del tema de estudio. Otro punto importante fue identificar áreas de trabajo referidas a los materiales metálicos avanzados para autopartes en centros de desarrollo tecnológico e instituciones de investigación en otros países.

La información obtenida se clasificó en temas pertenecientes a 4 grandes áreas o clasificaciones de los materiales metálicos tratando de mostrar sus tendencias tecnológicas: Aceros Avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio. Lo anterior también se corresponde con las actividades productivas de un importante grupo de proveedores de autopartes metálicas fabricadas en estos materiales y que abastecen parte de la demanda de la industria automotriz nacional.

La siguiente actividad consistió entonces en reunir el grupo de expertos panelistas, quienes se ubicaron principalmente en dos grupos:

- Docentes e investigadores universitarios relacionados con las áreas de materiales e ingeniería (materiales, mecánica, metalurgia, procesos).
- Profesionales de la ingeniería, empleados de empresas colombianas productoras de autopartes para automóviles y de ensambladoras de autos. Estas personas se propendió que fueran expertas en los temas relacionados con los materiales metálicos, su transformación o procesamiento y en general, conocimientos sobre el sector automotor en su conjunto.

Antes de efectuar la primera ronda en su totalidad, se procedió a realizar un piloto con algunos expertos, tanto en materiales metálicos, como en el sector automotor, con el fin de validar este cuestionario y asegurar su adecuación al propósito de estos ejercicios de prospectiva y de vigilancia tecnológica.

3.4.2 Ejecución de la primera ronda o primer cuestionario

Con la información recopilada en este punto y clasificada en cuatro áreas con diversos temas asociados a cada una de estas, como se explicó anteriormente, se procedió a elaborar el primer formato de cuestionario para llevar a cabo la primera ronda Delphi con el panel de expertos reunido, quienes priorizaron los diversos temas planteados. En el anexo A se presentan los tres cuestionarios elaborados para cada una de las tres rondas.

Este cuestionario se envió a los expertos con las respectivas instrucciones para su diligenciamiento, donde se les solicitó calificar la prioridad de los temas expuestos de acuerdo con la importancia que tendrían los materiales metálicos para el desarrollo tecnológico del sector automotor colombiano con un horizonte al año 2020.

De esta ronda se obtuvo un grupo de temas que fue identificado como prioritario por los panelistas expertos. Esta selección de temas se realizó con base en la calificación modal de cuatro o cinco (5, alta prioridad; 0, ninguna prioridad) y donde además, se alcanzó un porcentaje de consenso superior al 40%.

Un segundo conjunto de temas fue catalogado como grupo en Discusión, ya que presentaba una moda estadística de 4 o 5, aunque su porcentaje de consenso fue inferior al 40%. El tercer y último grupo correspondió a los temas no prioritarios con calificaciones menores de 4 con cualquier porcentaje de consenso.

3.4.3 Realización segunda ronda

De acuerdo con los resultados anteriores, se elaboró el cuestionario para la segunda ronda, donde se presentó el grupo de temas prioritarios y en discusión para cada uno de los cuatro grupos de materiales metálicos estudiados.

Esta segunda ronda consistió en revisar por parte de los expertos panelistas, los temas en discusión e identificar si algunos de ellos debían considerarse como prioritarios, permitiendo ingresarlo a cambio de algunos calificados como tales en la primera ronda.

Como el fin es ser selectivo en la identificación de prioridades, el grupo de temas prioritarios no debe aumentarse, por lo cual la metodología para la realización de ejercicios Delphi exige que si un nuevo tema ingresa, debe salir otro. Los cambios debieron sustentarse con una argumentación válida, ya que esta fue la base para la ronda final del ejercicio.

3.4.4 Tercera ronda

Los argumentos recopilados de la anterior etapa fueron organizados en dos grupos con los siguientes nombres:

- Argumentos que sustentaron la exclusión de los temas considerados como prioritarios.
- Argumentos que sustentaron la inclusión de temas considerados en discusión en el grupo de prioritarios.

Con base en las anteriores consideraciones se procedió a la elaboración del último cuestionario, cuyo propósito principal consistió en seleccionar los temas prioritarios definitivos para el sector automotor colombiano con respecto a los materiales metálicos avanzados para fabricar autopartes.

En esta última etapa se seleccionaron como temas prioritarios aquellos que alcanzaron un consenso superior al 40% (en la medición por consenso y en la medición por puntos). Se procedió a elaborar un informe final con el contenido de una lista de temas y líneas de investigación prioritarias en el campo de los materiales metálicos para producir autopartes para la industria automotriz colombiana y los mercados de exportación con un horizonte al 2020.

3.4.5 Análisis estadístico final

Para efectuar el análisis del consenso alcanzado y por puntos, por cada tema en la última ronda, se consideraron los siguientes aspectos:

Se identificaron los participantes comunes en las tres rondas

- Con las calificaciones asignadas por los panelistas a temas en la primera ronda, se calcula un valor modal de calificación. Si este valor modal es de 4 o 5, este valor se mantendrá constante durante todas las rondas como prioritario.
- Se tomaron las calificaciones de la primera ronda como base para la tercera ronda.
- En el formulario suministrado para la tercera ronda, los participantes colocaron un número "1" en las casillas correspondientes a los temas prioritarios. Posteriormente se reemplazaron estos "1" por los valores de las calificaciones que cada participante había asignado en la primera ronda. Se determinó el número de las calificaciones que fueron menores al valor modal de la primera ronda ($Er3$), por cada tema, es decir, que no fueron considerados inicialmente como prioritarios.
- De igual manera se identificaron los participantes que calificaron el tema como prioritario en la primera ronda, pero no lo seleccionaron con "1" en la tercera y por lo tanto salieron del consenso ($Sr3$).
- La frecuencia modal de cada tema para la tercera ronda se determinó mediante la ecuación: $Fm3 = Fm1 + Er3 - Sr3$, en donde $Fm1$ es la frecuencia modal del tema en la primera ronda con la totalidad de los participantes que contestaron las tres rondas (28 panelistas). El porcentaje de consenso de la tercera ronda se determinó de la siguiente forma: $R3 = Fm3 / 28 \times 100$.

La selección de los temas prioritarios se realizó con el siguiente criterio, de acuerdo con ejercicios de prospectiva llevados a cabo en Colombia y en otros países: Se considera que un consenso entre el 40% y el 100% puede ser adecuado.

3.4.6 Análisis del consenso alcanzado

Este análisis se realizó teniendo en cuenta que los participantes en las tres rondas fueran los mismos, esto es, 28 panelistas. De esta forma, el cálculo del consenso alcanzado entre la primera y tercera rondas se realizó de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Se identificaron los participantes comunes en las tres rondas, o sea, 28.
- Se tomaron las calificaciones de la primera ronda como base para la tercera.

Para el análisis del consenso final se definieron los siguientes parámetros:

M1: Es el valor de la moda obtenido por cada tema en la primera ronda (R1)

fm1*: Frecuencia modal del tema en la primera ronda con 37 participantes

fm1: Frecuencia modal del tema en la primera ronda con 28 participantes

P3: Puntos obtenidos por el tema en la tercera ronda con 28 participantes

Er3: Número de participantes que consideró el tema prioritario en la tercera ronda, pero no en la primera.

Sr3: Número de participantes que consideraron el tema prioritario en la primera ronda, pero no lo seleccionaron en la tercera.

$R1^* = (fm1^*/\text{frecuencia total}) * 100$: % de consenso en la primera ronda con la totalidad de los participantes (37).

$R1 = (fm1/\text{frecuencia total}) * 100$: % de consenso en la primera ronda con los participantes comunes en las tres rondas (28).

Fm3: Frecuencia modal de cada tema en la tercera ronda = fm1+Er3-Sr3

R3: Porcentaje de consenso en la tercera ronda con los participantes comunes en las tres rondas (28) = Fm3/28.

3.4.7 Análisis por puntos

Otro análisis importante conducido sobre la información obtenida de las encuestas, tiene en cuenta el número total de participantes en las diferentes rondas y corresponde al porcentaje de respuestas afirmativas alcanzadas por cada tema con respecto al total de participantes de la respectiva ronda.

Primera ronda: 37

Segunda ronda: 30

Tercera ronda: 28

El porcentaje de puntos se calcula de la misma manera que para el consenso, teniendo en cuenta los participantes en cada ronda.

$\% \text{ por puntos} = (fmi/nti) * 100$

Fmi: Frecuencia modal en cada ronda

nti: Participantes en cada ronda

3.5 PROCESAMIENTO, ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN Y ELABORACIÓN DEL INFORME FINAL

Se realizaron análisis estadísticos básicos, enmarcados dentro de la bibliometría y la cienciometría, donde se emplearon las herramientas de análisis VantagePoint, para el caso de los artículos científicos, mientras que para las patentes, se utilizó Delphion.

Se elaboró el informe final, lo cual comprendió, entre otros aspectos, presentar los resultados de la información considerada relevante del análisis de patentes, de artículos técnicos y científicos, otras fuentes de información (documentos de Internet), así como su integración con los resultados del ejercicio Delphi.

4. RESULTADOS

Con la integración de la información obtenida de la Vigilancia Tecnológica y la realización del ejercicio de Prospectiva con el método Delphi, se obtuvieron importantes resultados que proporcionan respuestas a los Factores Críticos de Vigilancia (FCV) planteados y que pueden ser considerados de gran importancia para el sector automotor, como por ejemplo: Materiales avanzados que están siendo empleados para la fabricación de autopartes y sobre los cuales se identifican importantes tendencias y líneas futuras de investigación, organizaciones líderes en el desarrollo tecnológico en su utilización para diversas aplicaciones, países donde se encuentran importantes clústeres de investigación, entre otros.

Los resultados se presentan agrupados en las siguientes secciones:

- Resultados del análisis de artículos científicos
- Resultados del análisis de patentes
- Resultados de la realización del estudio prospectivo con el método Delphi
- Relación de un grupo de destacadas organizaciones y sus líneas de investigación en el campo de los materiales metálicos con aplicación al sector automotor.

Tanto del análisis de patentes como de artículos científicos se alcanzaron importantes resultados que se encuentran en concordancia con los FCV definidos, como por ejemplo:

- Autores que más publican artículos o registran patentes: Esto es importante porque permite conocer los expertos que se encuentran investigando sobre la temática de los materiales metálicos avanzados para aplicaciones en vehículos, lo cual puede ser útil para empresas, universidades o centros de investigación en Colombia para establecer eventuales contactos para el apoyo en la ejecución de proyectos de este tipo y transferencia de conocimiento.
- Organizaciones que se encuentran investigando alrededor de los materiales avanzados metálicos: Su conocimiento es valioso porque puede apoyar en disponer de los contactos para el establecimiento de alianzas estratégicas o contar con socios para la ejecución de proyectos de transferencia tecnológica.
- Conocer los países donde se generan un destacado número de artículos y patentes es igualmente importante porque muestra el esfuerzo en inversión

para la investigación de un área del conocimiento en particular, lo cual también conduce a definir las ventajas competitivas sobre las cuales ciertos países tienden a especializarse, dada la importancia estratégica que se define para algunos sectores económicos o industriales, como es el caso de la industria automotriz.

4.1 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Se presentan los resultados de la recuperación de artículos científicos de la base de datos ScienceDirect sobre los materiales metálicos Aceros Avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio, los cuales fueron procesados y analizados con la herramienta VantagePoint.

El resultado del análisis con las anteriores herramientas consistió en gráficos de distinto tipo (barras y torta), matrices y mapas representando distintos grados de relación entre diferentes aspectos, como por ejemplo autores, fuentes de publicación, años, nodos o clúster mostrando polos de investigación por temáticas entre autores o instituciones, países, entre otra información importante.

Fuente: VantagePoint, basado en la información de la base de datos ScienceDirect®, con una cobertura entre los años 2000 a 2009.

Las ecuaciones de búsqueda empleadas fueron:

- (advanced steels or high strength steels or ultra-high strength steels) and (automotive or vehicle or car) since 2000.
- (aluminium) and (automotive or vehicle or car) since 2000
- (titanium) and (automotive or vehicle or car) since 2000
- (magnesium) and (automotive or vehicle or car) since 2000

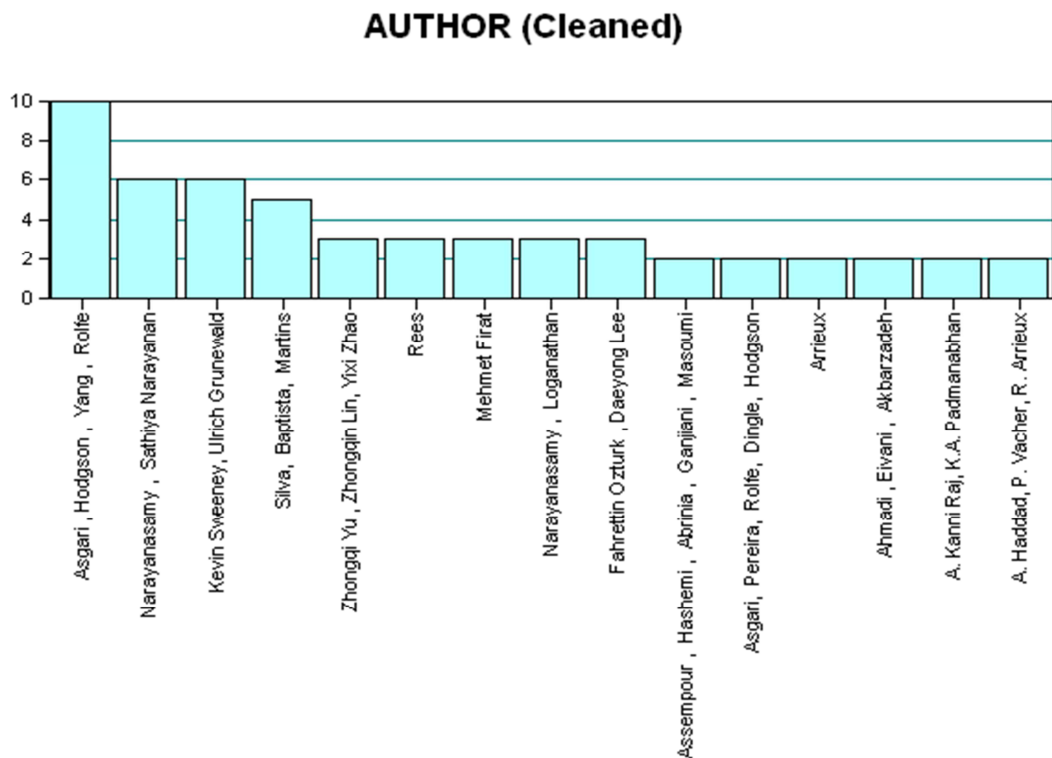
Los resultados que se presentan a continuación responden en general a los Factores Críticos de Vigilancia definidos anteriormente, como son los materiales metálicos empleados en el ensamble de vehículos, tendencias y principales líneas de investigación, instituciones que más trabajan en estos temas, países donde se observa una importante concentración de la investigación sobre los materiales metálicos con aplicación automotriz, autores o investigadores que se destacan y algunas áreas donde las compañías ensambladoras realizan interesantes esfuerzos de desarrollo tecnológico.

4.1.1 Aceros avanzados

La figura 4 muestra algunos de los autores que más han publicado resultados de investigaciones conducidas sobre los aceros avanzados. Se destacan con 10 artículos, 4 autores: Asgari, Hodgson, Yang y Rolfe; Con 6 artículos 4 autores: Sweeney, Grunewald, Narayanasamy y Narayanan; con 5 artículos 3 autores: Silva, Baptista y Martins.

Continúa un listado extenso de autores con al menos 2 artículos sobre esta temática en la base de datos analizada. Esto puede indicar que se encuentra cierto nivel de atomización en el conocimiento sobre los aceros avanzados.

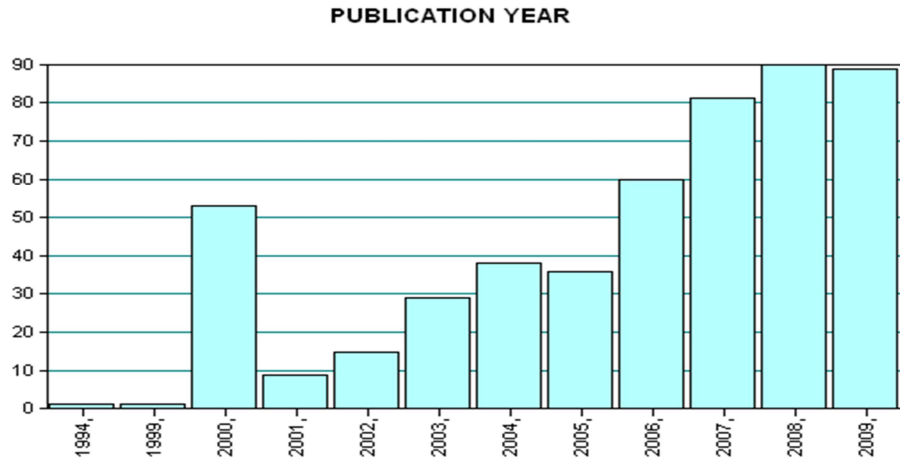
Figura 4. Algunos autores con mayor presencia en artículos científicos referidos a aceros avanzados



En la figura 5 se aprecia que los años con mayor cantidad de registros fueron del 2006 al 2009 y se presenta un significativo crecimiento en las publicaciones de este tipo, encontrándose una importante producción científica en los últimos tres años (2007 a 2009).

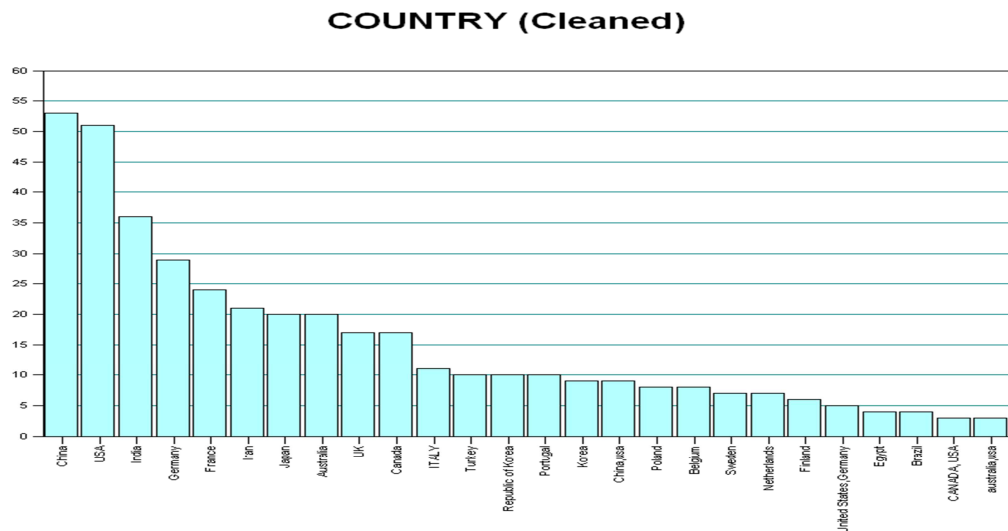
Se pueden interpretar esto como que aún se continúa investigando fuertemente en estos materiales, buscando nuevas aplicaciones para su utilización en los automóviles.

Figura 5. Distribución de las publicaciones sobre aceros avanzados por año



De acuerdo con la figura No. 6, se aprecia que países de economías emergentes y con un significativo crecimiento en los últimos años, para los casos de China (55 publicaciones), India (36 publicaciones) e Irán (21 publicaciones), presentan un importante crecimiento en el trabajo con los materiales metálicos para fabricar autopartes. También continúan destacándose países como Estados Unidos, Japón, Francia y Alemania, quienes tradicionalmente han tenido la condición de albergar o ser el país de origen de grandes empresas ensambladoras de automóviles como General Motors, Ford, Volkswagen, Toyota, Renault, para citar solo algunos ejemplos.

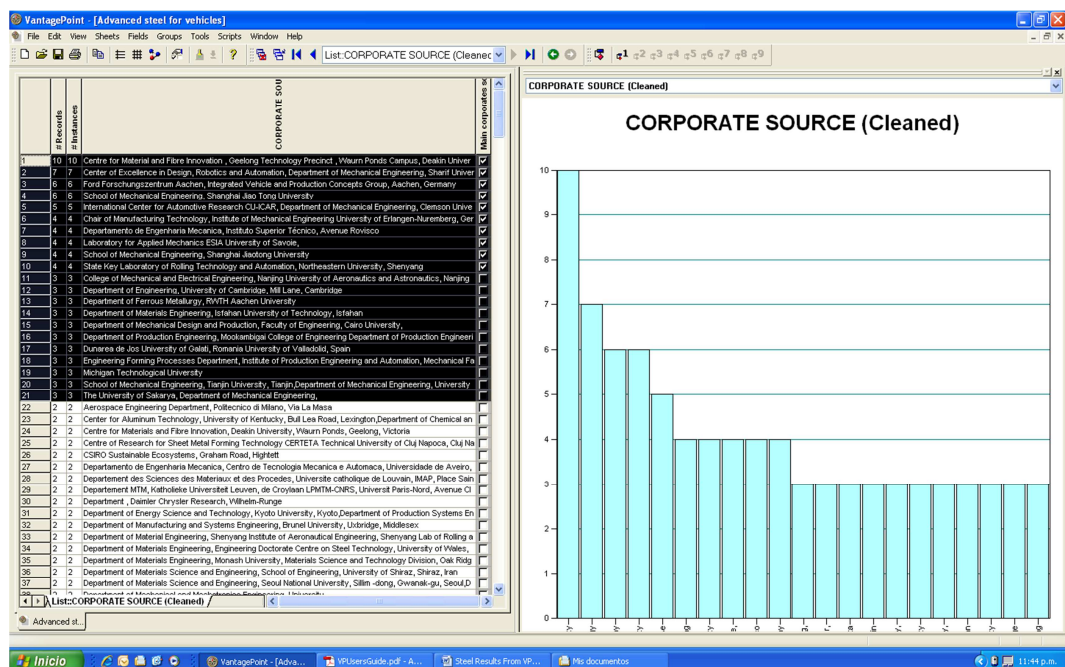
Figura 6. Países con mayor publicación de artículos científicos referidos a aceros avanzados



En la figura 7 se destaca la institución Centre for Material and Fibre Innovation, perteneciente a la universidad de Deakin en Australia, con 10 publicaciones en el tema de aceros avanzados para fabricar autopartes. Este centro trabaja principalmente 4 áreas: Automóviles, metales ligeros, metales porosos, aceros y superficies.

Con 7 publicaciones se destaca el Centro para la excelencia en robótica, diseño y automatización del departamento de ingeniería mecánica de la universidad Sharif. Con seis artículos se encuentra el centro de investigación de la ensambladora Ford en Auchen, Alemania y la escuela de ingeniería mecánica de la universidad de Shanghai.

Figura 7. Organizaciones origen de las publicaciones

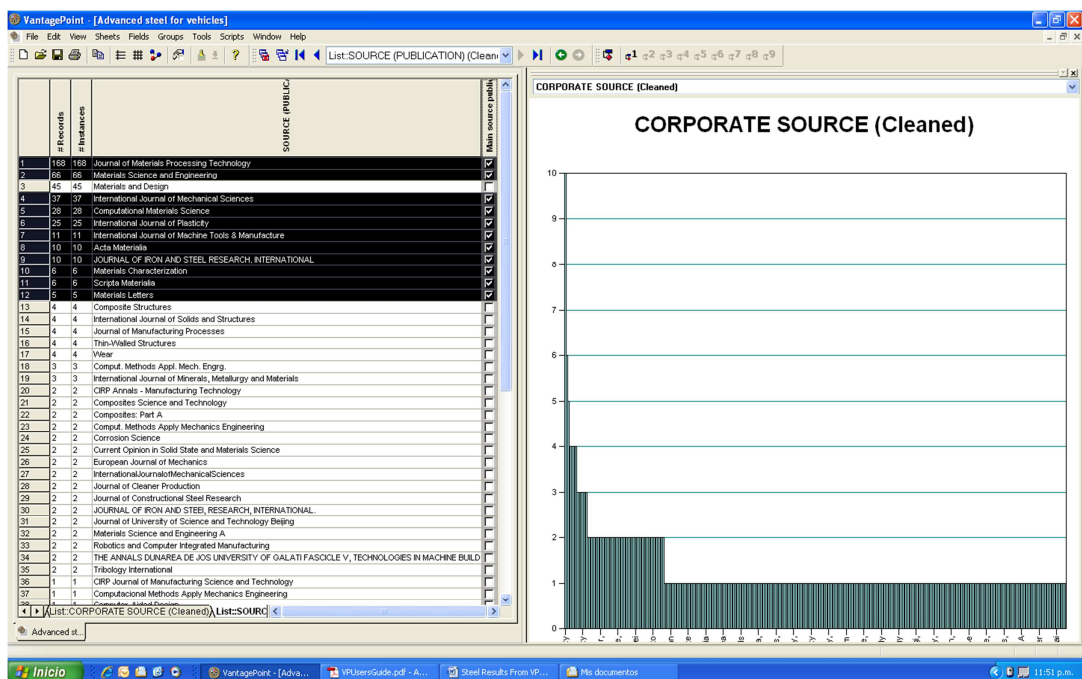


En cuanto a las fuentes de revistas científicas, en la figura 8 se destaca la publicación Journal of Materials Processing Technology con 168 publicaciones en el tema de aceros avanzados para fabricar componentes o piezas para automóviles, seguida de Materials Science and Engineering con 66 y la revista Materiales y Diseño con 45 artículos. La revista mencionada inicialmente cubre dentro de sus temáticas las técnicas de procesamiento utilizadas en la fabricación de componentes de metales y otros materiales, además pretende publicar informes originales, que contribuyan a la eficiencia, el aumento de la producción y el rendimiento de los componentes.

Las principales áreas de interés para la revista son:

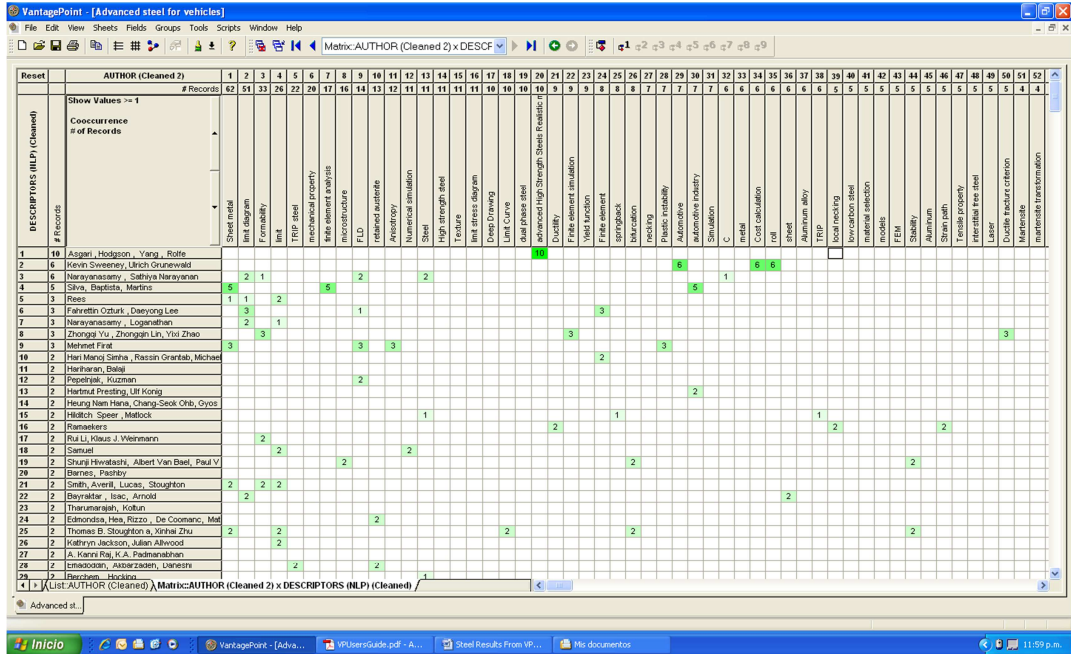
- Casting, el conformado de metales y mecanizado
- Aditivos de transformación y tecnologías de Unión
- La evolución de las propiedades del material en los procesos de fabricación.
- Ingeniería de la degradación de las superficies en los procesos de fabricación.
- El diseño y el comportamiento de los equipos y herramientas

Figura 8. Fuentes de publicación o revistas



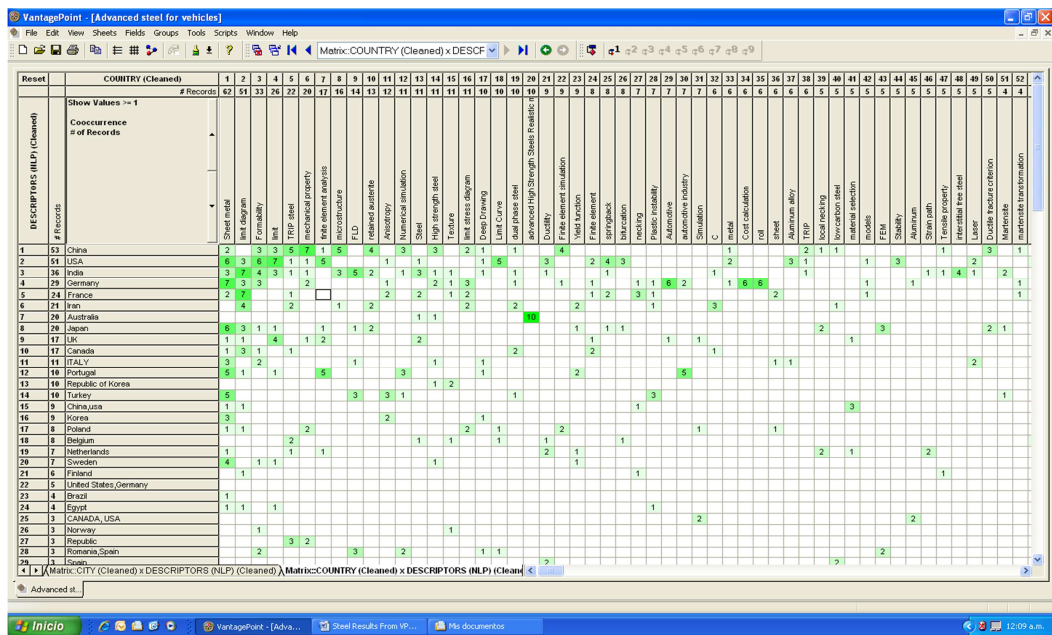
En la figura 9 se muestra la co-ocurrencia entre los términos de descriptores (palabras claves) y autores. Se muestra por ejemplo, la asociación entre los autores Asgari, Hodgson, Yang y Rolfe con la temática de sistemas de simulación de aceros avanzados.

Figura 9. Matriz de coocurrencia entre autores y palabras claves



En la figura 10 se observa que Australia viene trabajando con especial interés el tema de los aceros avanzados, mientras en Francia se investiga en temáticas como la del diagrama límite de deformación.

Figura 10. Matriz de co-ocurrencia entre países y palabras claves (descriptores)



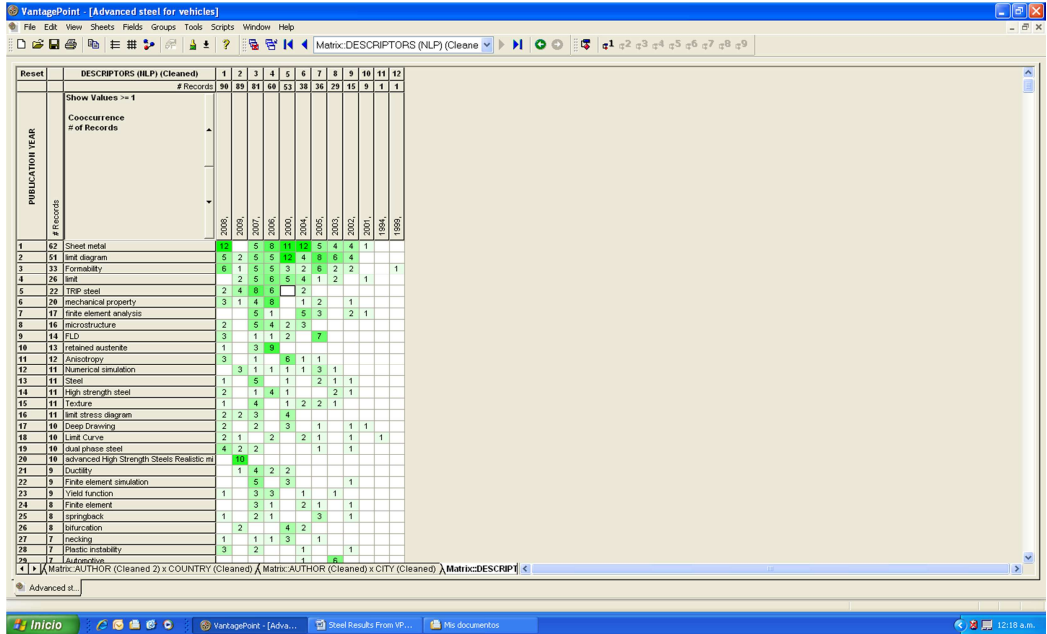
Se destacan varios aspectos en la figura 11. La revista Journal of Material Processing Technology publica actualmente temáticas de gran actualidad como los diagramas de límite de conformabilidad, los análisis por elementos finitos y los aceros Trip, esto último, también con varias referencias en la publicación Materials Science and Engineering. Otro tema que se destaca es el de diagrama de límite de esfuerzos, donde se tienen 5 registros en la revista Computational Material Science.

Figura 11. Matriz de co-ocurrencia entre fuentes de publicación y palabras claves

Reset	SOURCE (PUBLICATION) (Cleaned)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
	# Records	62	51	33	26	22	28	17	16	14	13	12	11	11	11	11	11	11	10	10	10	10	9	9	9	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4						
	Cooccurrence # of Records																																																					
	1	169	Journal of Materials Processing Technology	25	34	7	13	5	6	10	3	4	2	7	5	3	5	1	8	4	3	2	4	3	4	5	2	2	2	2	6	5	3	2	2	6	6	3	2	2	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6				
	2	66	Materials Science and Engineering	3	5	3	1	8	8	5	1	7	1	3	2	3	1	1	3	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			
	3	45	Materials and Design	2	3	5				2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
	4	37	International Journal of Mechanical Science	6	6	3	3	1			2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
	5	28	Computational Materials Science	6	3	4	1				3	3																																										
	6	25	International Journal of Plasticity	6	4	3	4																																															
	7	11	International Journal of Machine Tools & Ma	3	1	2					1																																											
	8	10	Acta Materialia	1							3	1																																										
	9	10	JOURNAL OF IRON AND STEEL RESEARC	1	3		1	2	3	2		1												3																														
	10	6	Materials Characterization																																																			
	11	6	Scripta Materialia																																																			
	12	5	Materials Letters																																																			
	13	4	Journal of Manufacturing Processes				2																																															
	14	4	Composite Structures																																																			
	15	4	International Journal of Solids and Structur	1	1																																																	
	16	4	Thin-Walled Structures																																																			
	17	4	View																																																			
	18	3	International Journal of Minerals, Metallurgy																																																			
	19	3	Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.																																																			
	20	2	Comput. Methods Appl. Mechanics Engine																																																			
	21	2	European Journal of Mechanics																																																			
	22	2	CRP Annals - Manufacturing Technology																																																			
	23	2	Journal of University of Science and Techn																																																			
	24	2	Journal of Cleaner Production																																																			
	25	2	Current Opinion in Solid State and Material																																																			
	26	2	Tribology International																																																			
	27	2	Composites Science and Technology																																																			
	28	2	Materials Science and Engineering A																																																			
	29	2	Composites: Part A																																																			

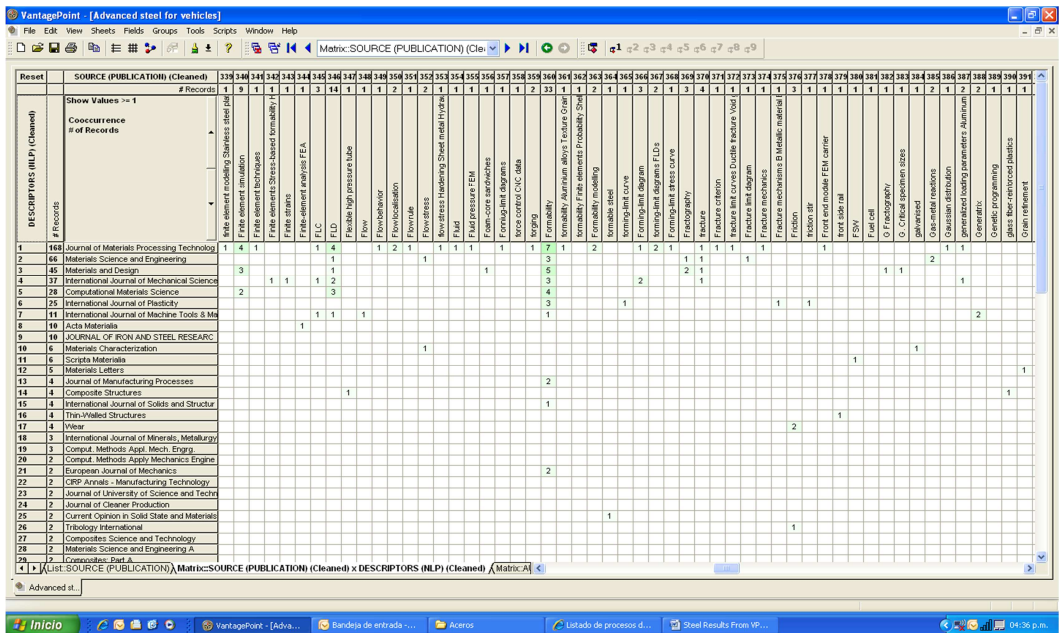
En la figura 12 se observa que en los años recientes de 2006 a 2009, los temas de aceros Trip, diagramas de límite de deformabilidad, formabilidad, análisis de elementos finitos y modelos de simulación continúan teniendo un amplio campo de investigación.

Figura 12. Matriz de co-ocurrencia entre palabras claves y año de publicación



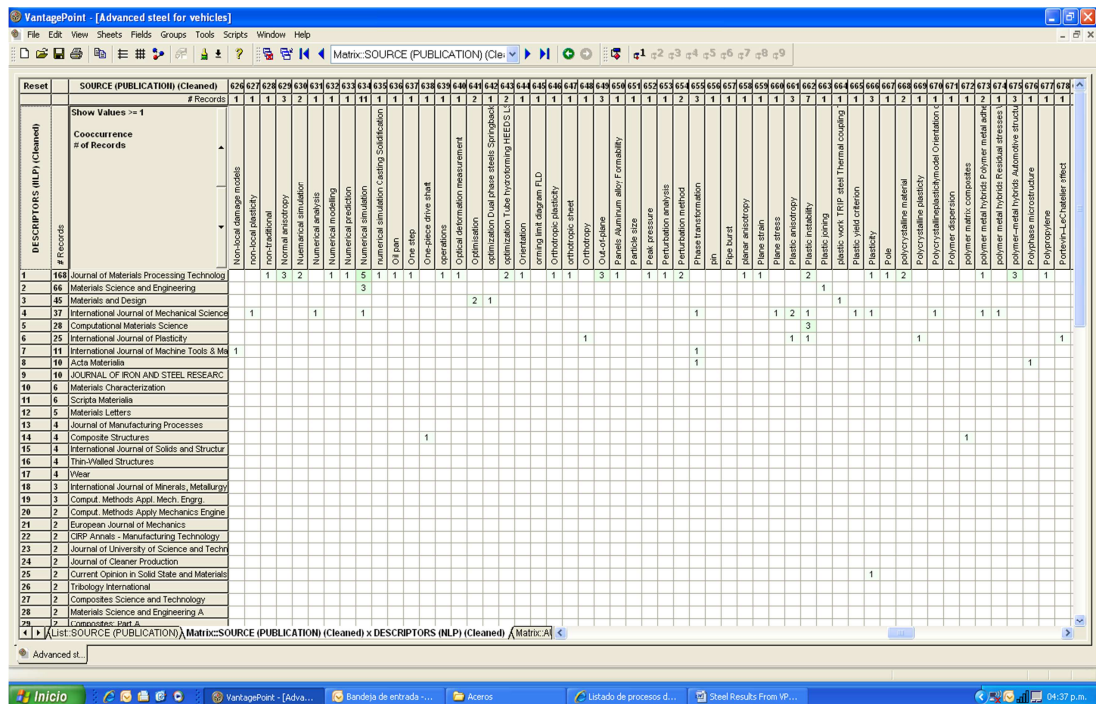
En la figura 13 se aprecia claramente como en 7 importantes revistas, el tema de formabilidad de los aceros avanzados, representa un importante campo de publicación para investigadores, dado esto por la cantidad de publicaciones en este tema, de las cuales se cuentan 26.

Figura 13. Matriz de co-ocurrencia entre fuentes de publicación y palabras claves



En la figura 14 se tienen 9 publicaciones con respecto al tema de simulación numérica de componentes fabricados con aceros avanzados.

Figura 14. Matriz de co-ocurrencia entre fuentes de publicación y palabras claves

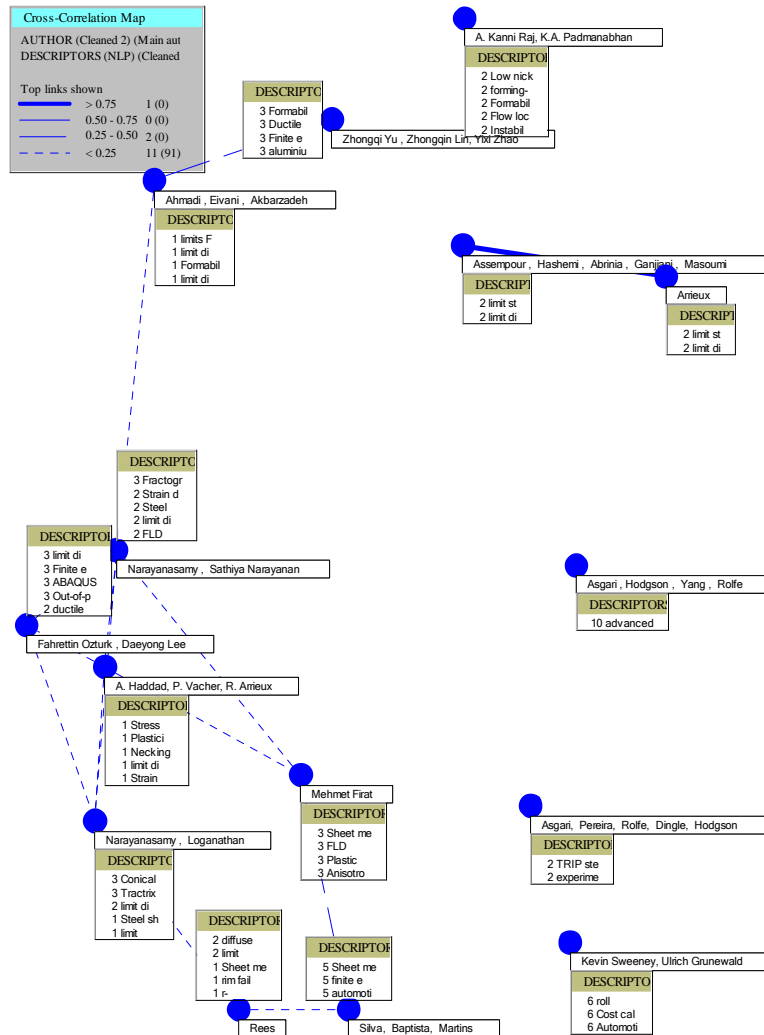


La figura 15 muestra los autores que se encuentran trabajando en tópicos similares. Por ejemplo, aparecen Silva, Baptista y Martins que publican sobre análisis con elementos finitos. Mehmet Firat trabaja también los diagramas de límite de deformabilidad. Mientras los autores Asgari, Pereira, Rolfle, Dingle y Hodgson trabajan sobre los aceros avanzados como el Trip. Las líneas punteadas indican algunas temáticas comunes en sus investigaciones.

En general en la anterior figura se aprecia que los temas más recurrentes son por ejemplo los análisis con elementos finitos y el estudio de las condiciones de deformabilidad de los materiales a través de los diagramas o curvas de límite de deformación.

También se puede observar que se tienen algunos elementos en común sobre los cuales se encuentran investigando diversos autores, dado esto por las conexiones con las líneas punteadas. La relación más fuerte, expresada por el mayor grosor de la línea, se da entre el grupo de autores Assempour, Hashemi, Abrinia, Ganjiapi y Masoumi, quienes aparecen en este conjunto de artículos científicos, trabajando temas similares como son los de stress limit y limit diagram.

Figura 15. Mapa de Cross-correlación entre autores y palabras claves (Descriptores)



En la figura 16 se observan los países que se encuentran realizando estudios sobre temáticas similares. En el conjunto de artículos científicos sobre aceros avanzados se tiene que existe una fuerte relación entre Portugal, Italia, Suecia y Alemania, que se encuentran investigando sobre aspectos de las láminas metálicas y la formabilidad en componentes para automóviles.

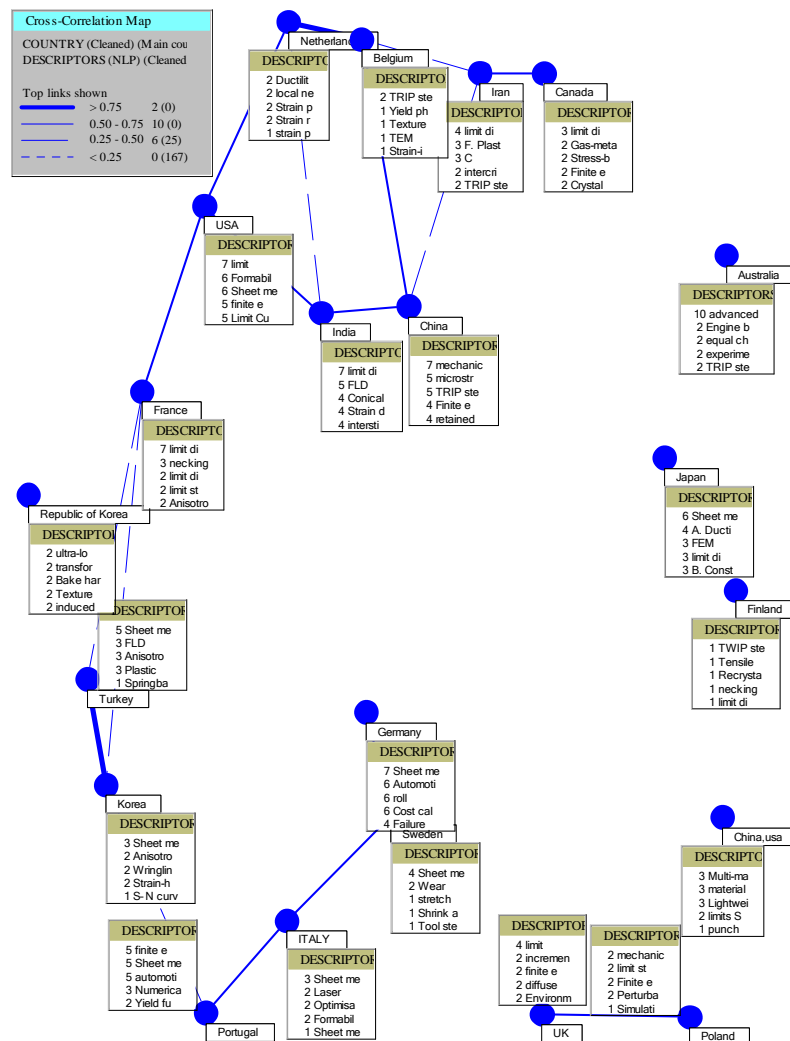
El Reino Unido y Polonia tienen en común los estudios de elementos finitos y temáticas relacionadas a esta última como límites de esfuerzo y simulación.

En general se observa que los países que más investigan en el tema de aceros avanzados son Holanda, Bélgica, Irán, Canadá, Estados Unidos, India, China, Australia, Japón, Turquía, Alemania, Suecia, Korea, Italia, Portugal, Polonia y el Reino Unido, los cuales han sido considerados los grandes mercados en la venta

de autos, donde nacieron algunas de las grandes ensambladoras de autos (Ford, General Motors en Estados Unidos, Fiat en Italia, Renault en Francia, Volvo en Suecia y Volkswagen en Alemania, por mencionar algunos ejemplos).

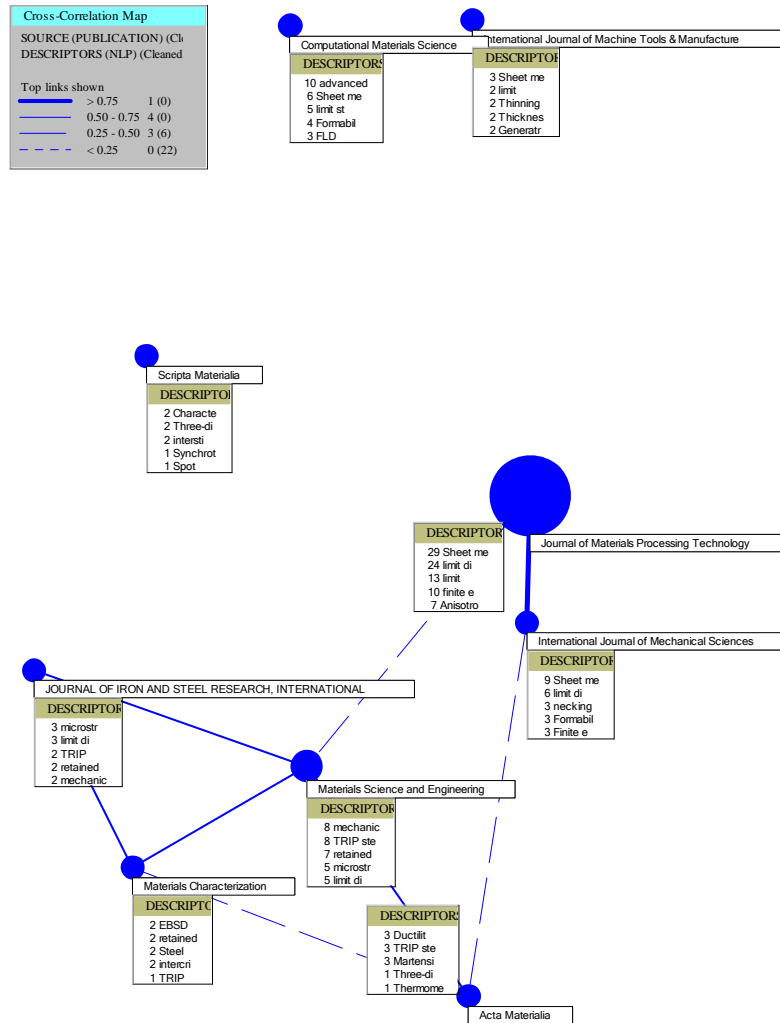
Se destacan los países de Irán y Turquía, donde algunos grandes fabricantes tienen plantas de ensamble al igual que India y China, como las economías emergentes de mayor crecimiento en las últimas décadas y donde a la vez, también ha crecido ostensiblemente la industria automotriz, tanto por la creación de nuevas plantas locales, como el asentamiento de sucursales de los grandes fabricantes mundiales. Las principales temáticas en común que tratan estos países tienen que ver con las áreas de los estudios de la conformabilidad de las láminas metálicas para fabricar partes para vehículos, los estudios con elementos finitos, los aceros Trip y Twip y los límites de esfuerzo.

Figura 16. Mapa de Cross-correlación entre países y palabras claves (Country-Descriptors)



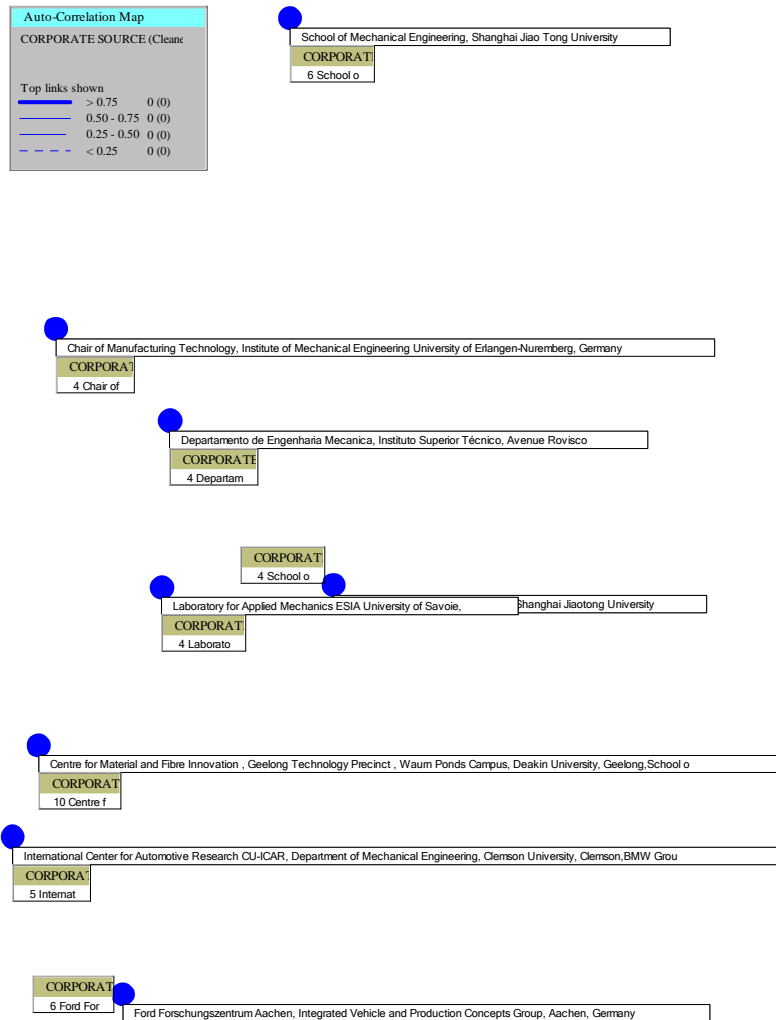
En la figura 17 se tiene, que de acuerdo con las diversas temáticas planteadas en la anterior gráfica, los investigadores sobre aceros avanzados para la fabricación de partes para vehículos, publican principalmente en la revista Journal of Materials Processing Technology, seguida por otras publicaciones como Materials Science and Engineering y Journal of Iron and Steel Research International.

Figura 17. Mapa de Cross-correlación entre la fuente de publicación y palabras claves



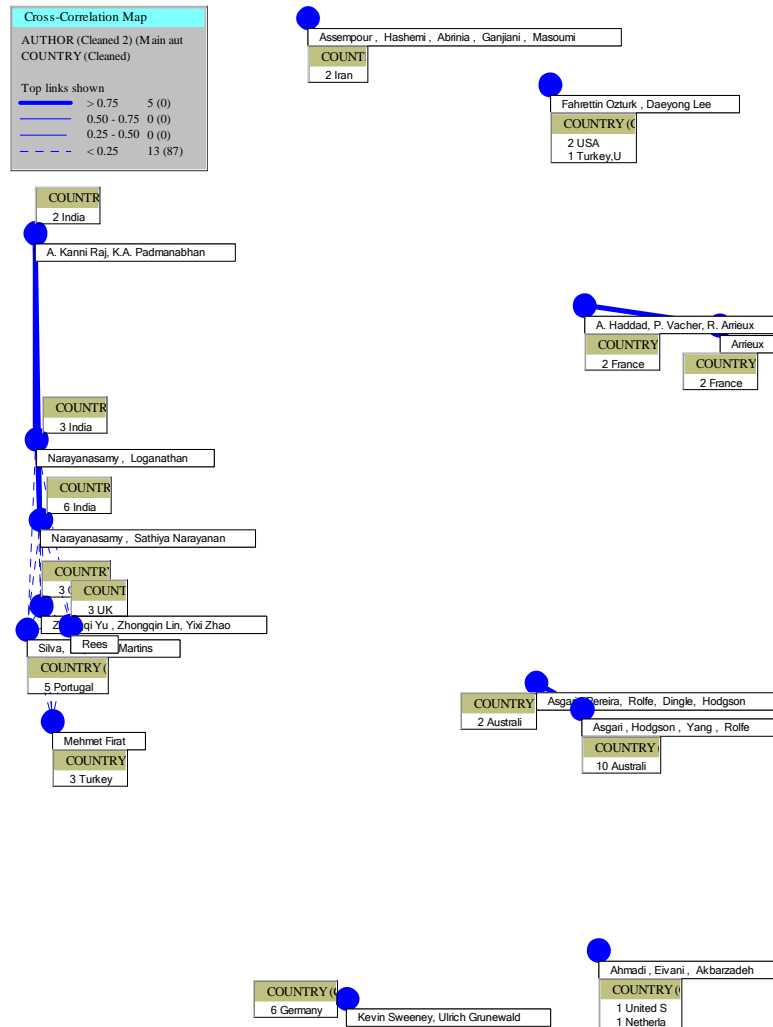
En la figura No. 18 se aprecian las instituciones que trabajan temáticas similares con respecto a los aceros avanzados. Se destacan por ejemplo, The Center for Material and Fibre Innovation de la Universidad de Deakin en Australia, Ford Forschungszentrum Aachen en Alemania y The International Center for Automotive Research de BMW Group.

Figura 18. Mapa de Auto-correlación entre organizaciones origen de las publicaciones



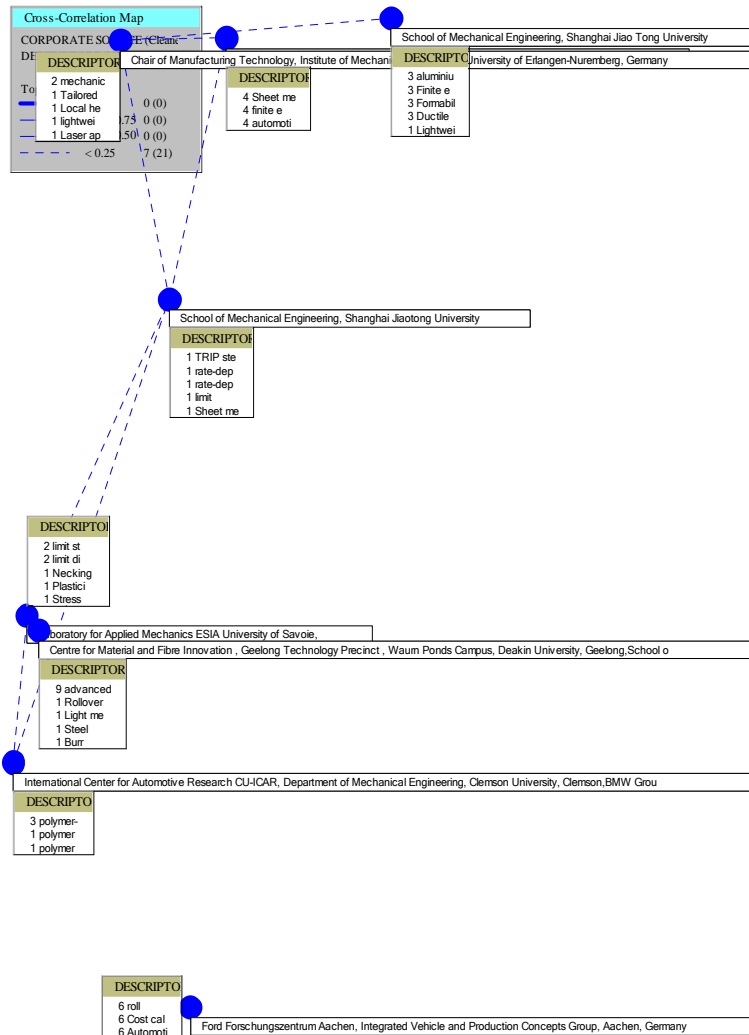
La figura 19 esquematiza la relación entre distintos autores y países que se encuentran investigando en común temáticas relacionadas con los aceros avanzados para fabricar partes para autos. Es interesante apreciar cómo se ha conformado una especie de “cluster” de la investigación entre un grupo de países como India, Reino Unido, Portugal, Turquía y China. Los autores que más publicaciones presentan en esta especie de nodo son Raj, Padmanabhan, Narayanasamy, Loganathan, Firat, Martins, por mencionar algunos, aunque lo más importante que se aprecia del mapa es que las líneas punteadas indican algún tipo de relación entre ellos, indicando que posiblemente en algunos eventos, han investigado y publicado sus resultados en forma conjunta de algún proyecto.

Figura 19. Mapa de cross-correlación entre autores y países



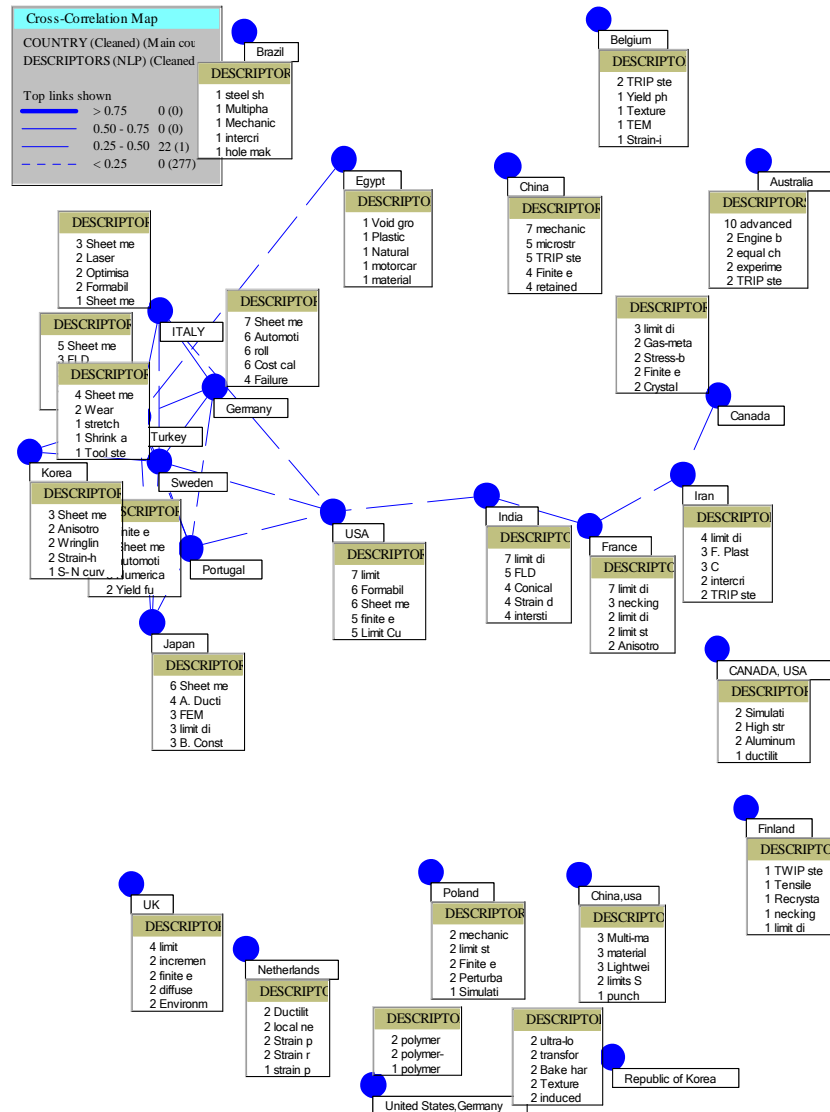
En la figura 20 se esquematiza el trabajo en áreas o temáticas comunes entre diversas instituciones y que además en algún momento han investigado y publicado en forma conjunta, dado por las relaciones mostradas por las líneas punteadas. Sobresalen los temas de metales livianos, aceros Trip, formabilidad y elementos finitos, por ejemplo.

Figura 20. Mapa de cross-correlación entre organizaciones y palabras claves



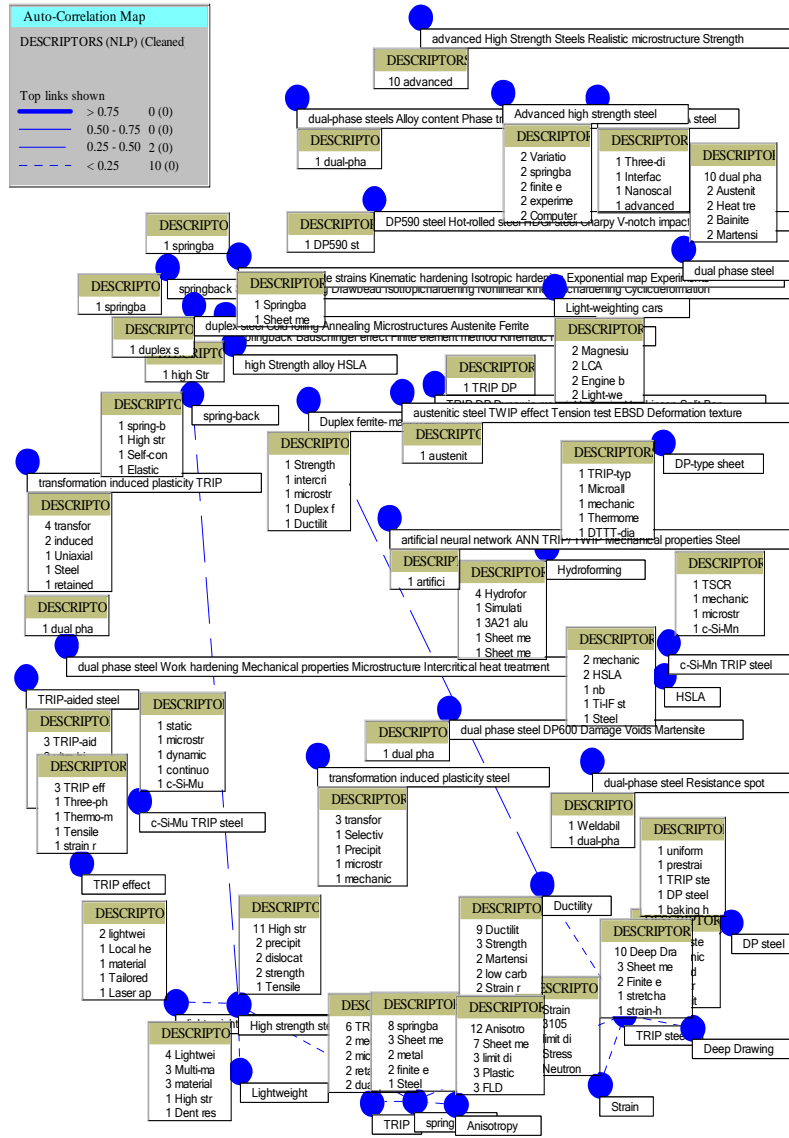
La figura 21 permite tener una completa panorámica de los países y temáticas donde más se conducen investigaciones en el campo de los materiales metálicos para fabricar autopartes y como han conformado una especie de cluster por su trabajo compartido en algunos proyectos, destacándose el caso del nodo o cluster conformado por Italia, Alemania, Suiza, Turquía, Corea, Portugal, Japón y Estados Unidos.

Figura 21. Mapa de cross-correlación entre países y palabras claves



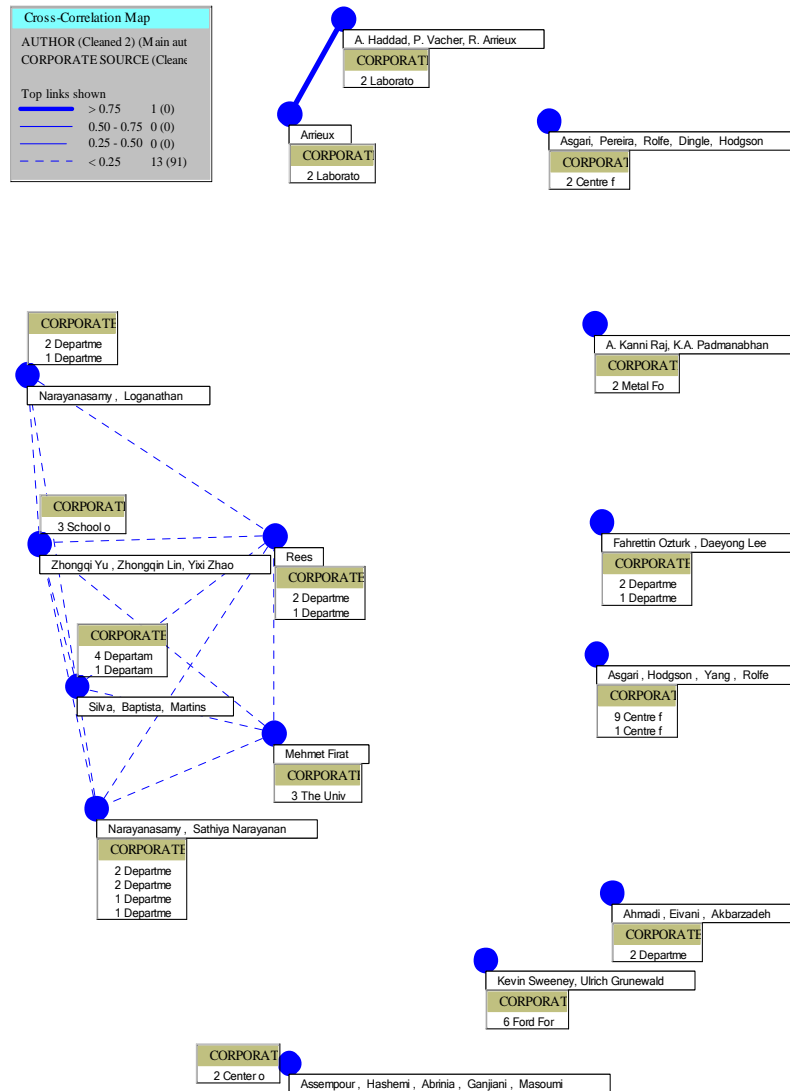
La figura 22 permite apreciar una alta correlación entre diferentes términos asociados a los aceros avanzados, como por ejemplo deformación (strain), aceros trip, aceros dual Phase, Diagramas de Límite de Deformación (FLD), simulación, elementos finitos, springback, entre otros.

Figura 22. Mapa de auto-correlación entre palabras claves



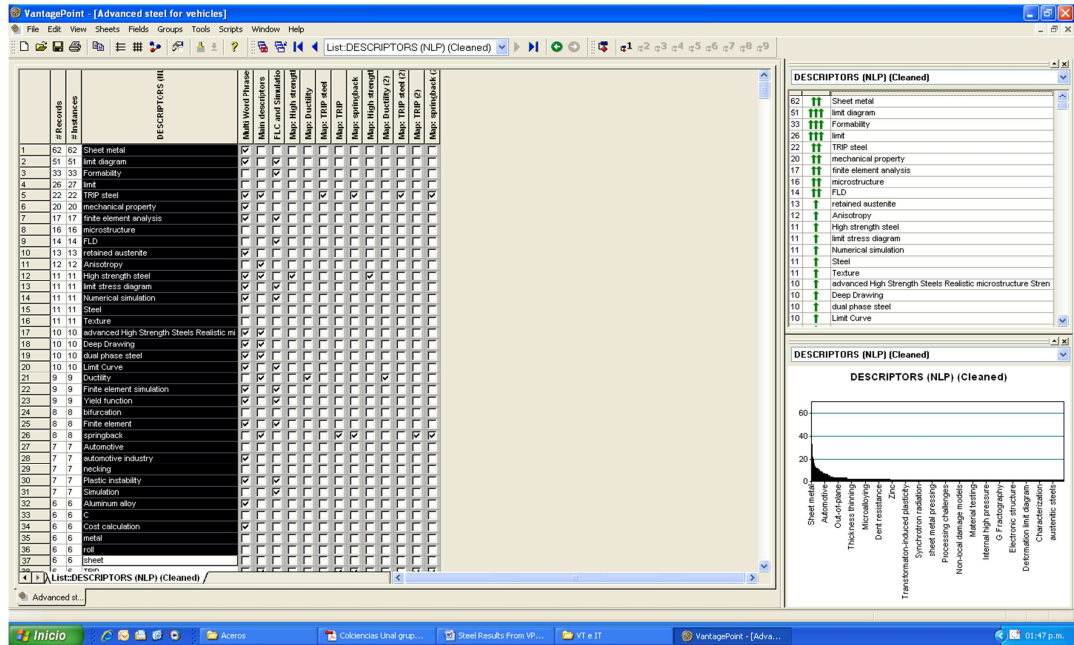
La figura 23 permite ver un trabajo colaborativo entre un grupo importante de investigadores y las instituciones a las que pertenecen como Firat, Narayanasamy, Silva, Baptista, Martins, Zhongqi, entre otros, conformando una especie de clúster de trabajo colaborativo, expresado por las líneas punteadas que unen los diferentes nodos.

Figura 23. Mapa de cross-correlación entre autores y organizaciones



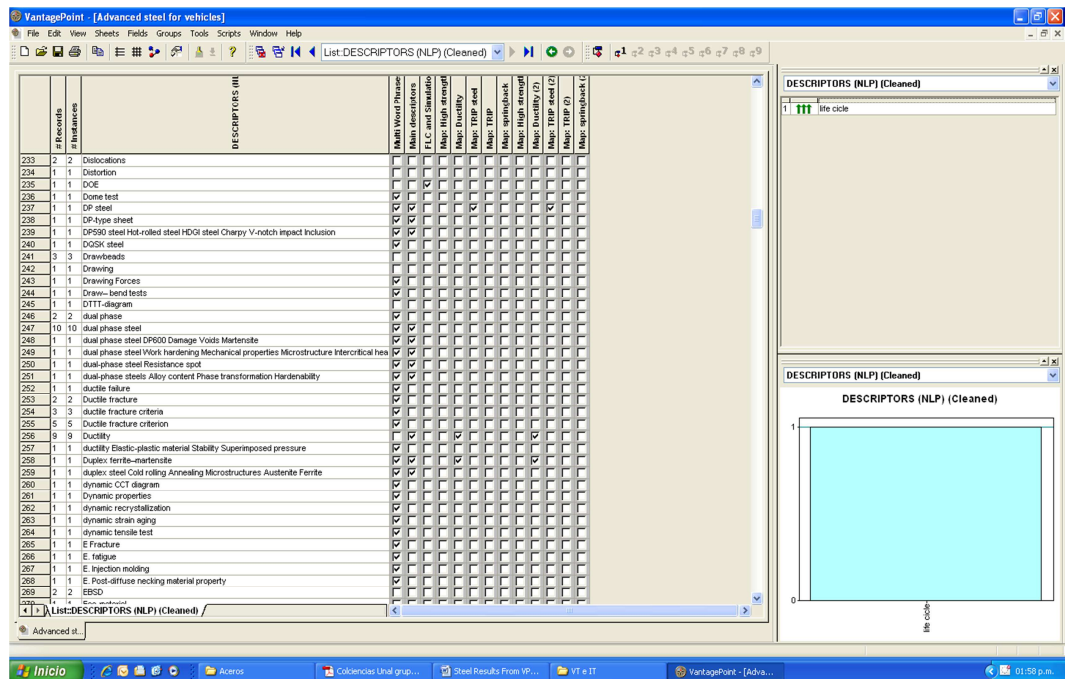
En la figura 24 se muestra como términos referentes a aceros Trip, FLD, análisis de elementos finitos, simulación, springback tienen un importante número de apariciones en diferentes revistas.

Figura 24. Listado de fuentes de publicación y palabras claves



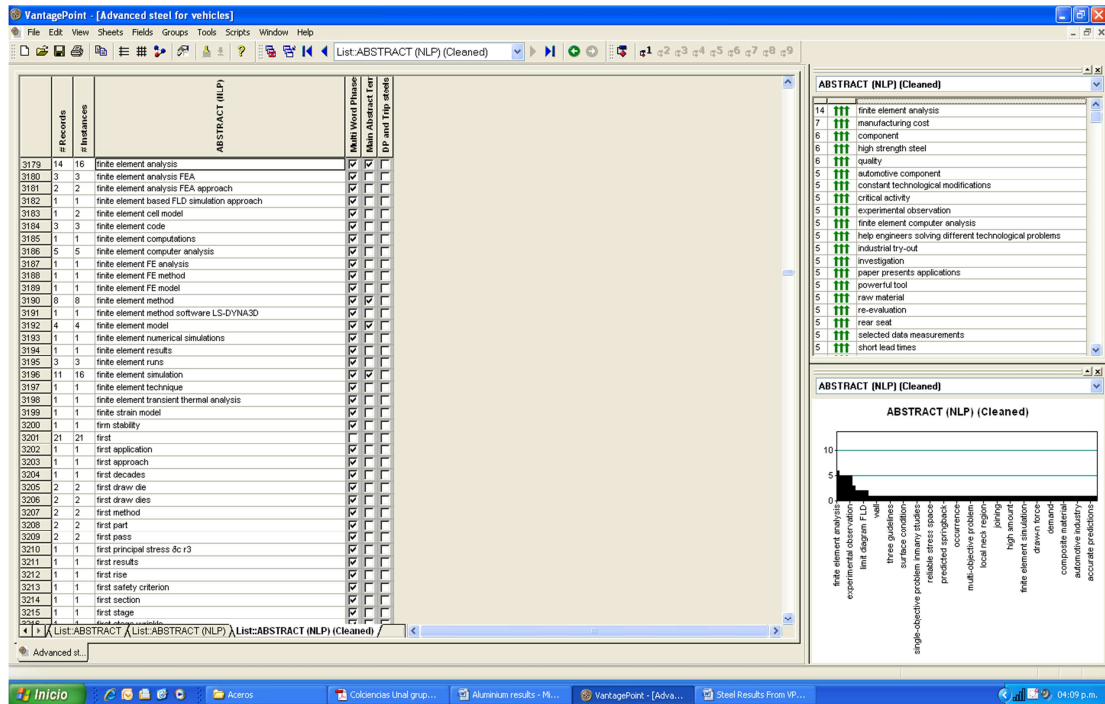
En la figura 25 se aprecia una gran cantidad de referencias a los aceros avanzados Dual Phase.

Figura 25. Listado de palabras claves



Se puede apreciar en la figura 26 que los temas de simulación por elementos finitos se encuentran siendo empleados en investigación sobre el comportamiento y propiedades de los aceros avanzados, dada la importante proporción de publicaciones al respecto (más de 60).

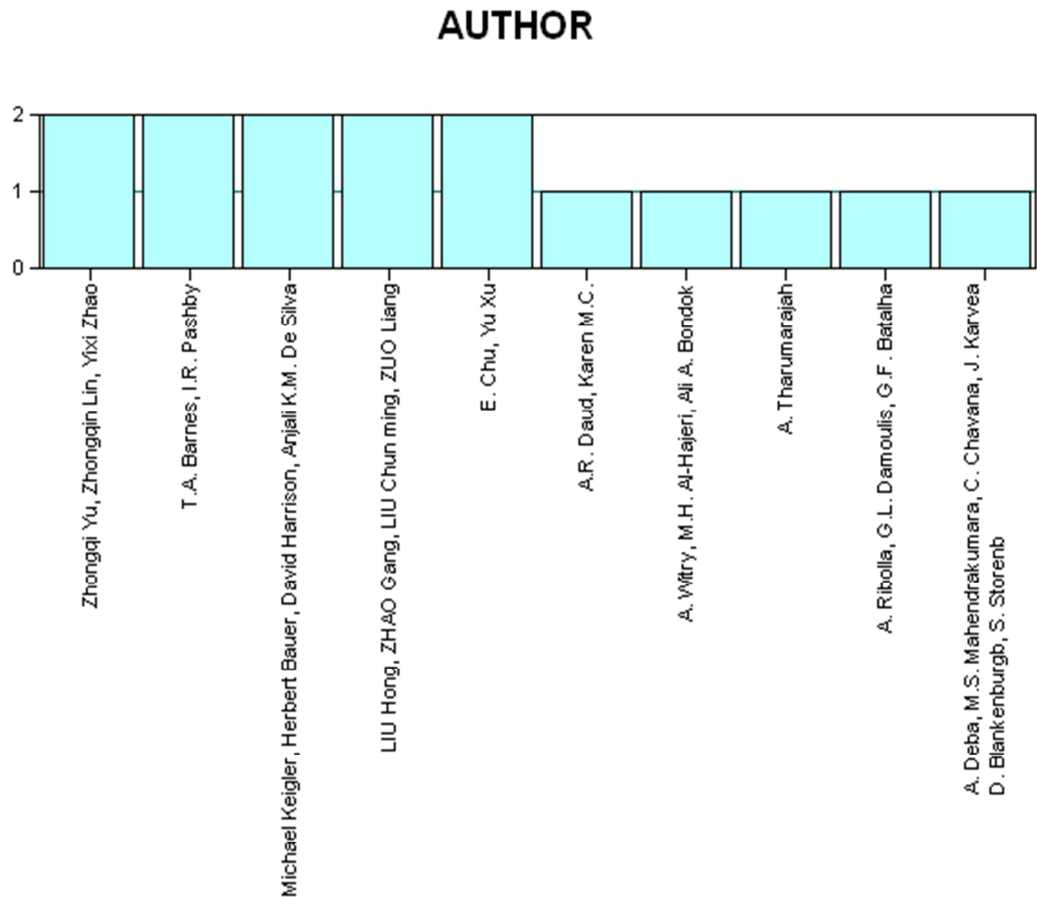
Figura 26. Otro listado de aparición de palabras claves y su frecuencia



4.1.2 Aluminio

En la figura 27 se observan los autores que principalmente publican en la temática del material Aluminio en relación con la fabricación de partes para vehículo. En este grupo de registros analizados no se destacan autores con una gran producción de artículos. Sólo se alcanzan a visualizar 5 autores que tienen al menos dos artículos cada uno sobre este tema. Son ellos E. Chu, Liu Hong, Zhao Gang, Michael Keigler, Herbert Bauer, David Harrison, T.A. Barnes, IR Pashby, Zhongoi Yu, Zhongoi Lin y Yixi Zhao.

Figura 27. Autores encontrados para el material Aluminio



En la figura 28 se aprecian las instituciones que en el grupo de artículos científicos analizados sobre el material Aluminio para la industria automotriz han presentado una mayor producción. Se encuentran por ejemplo el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad Jiao Tong de Shanghai y el Centro de Supercomputación de Shanghai.

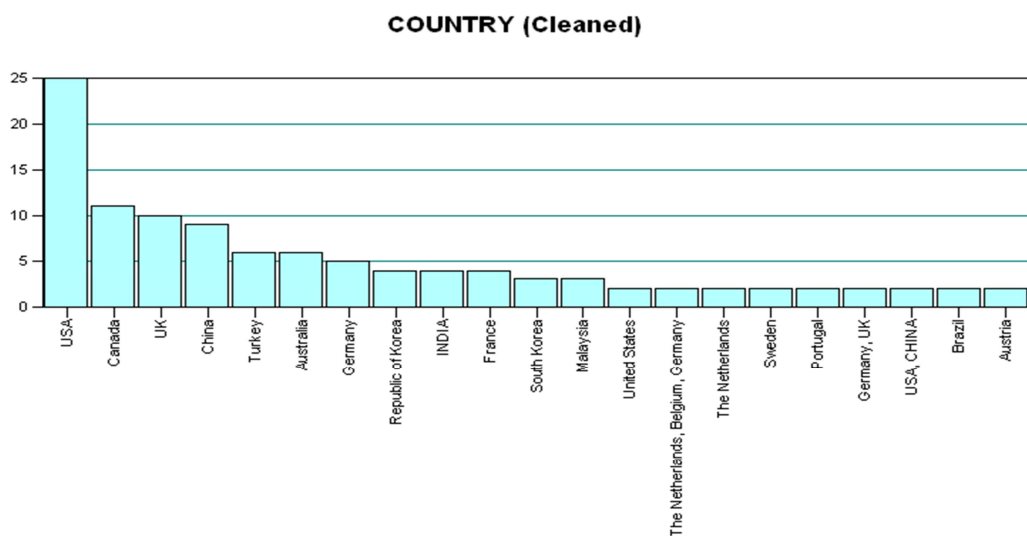
También se destaca el Departamento de Ingeniería Mecánica del Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Corea. Otros importantes centros son el Alcan International y el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Kinsgton.

Figura 28. Organizaciones que conducen investigaciones y desarrollos alrededor de la temática del Aluminio



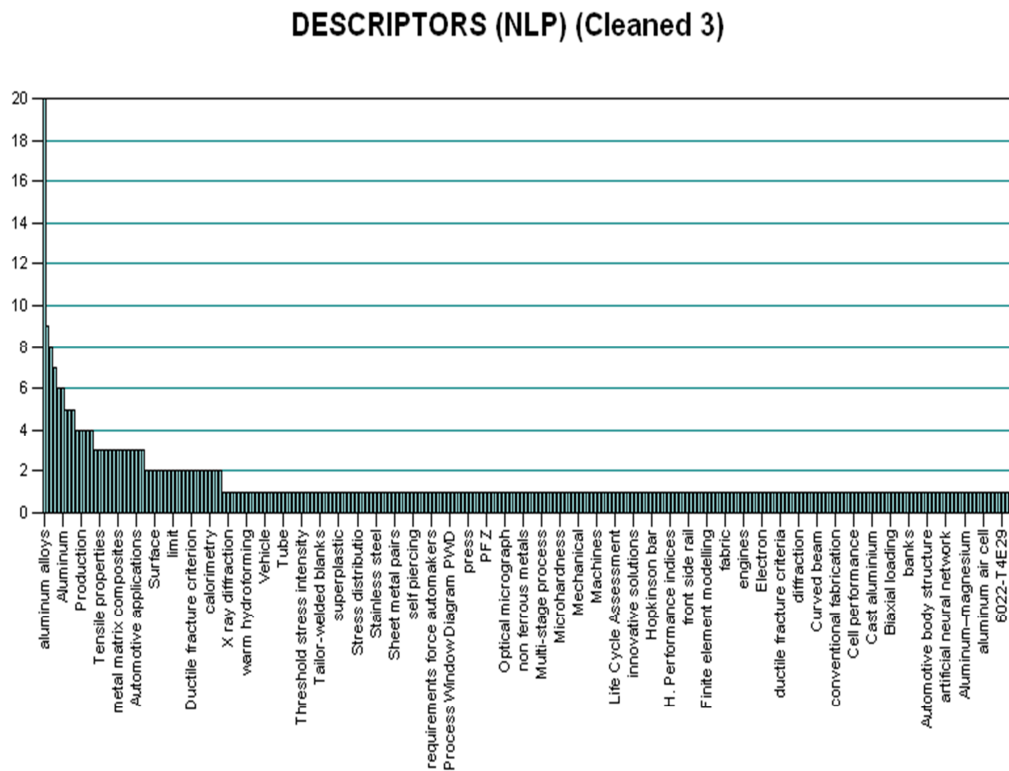
En la figura 29 en cuanto a países con mayor producción referida a la temática del Aluminio, se observa una preponderancia de países como los Estados Unidos, Canadá, el Reino Unido y China. También aparecen otras naciones como Turquía, Australia, Alemania, India y Francia, que como se mencionó para el caso de los aceros, representan a las naciones con una fuerte tradición en la industria automotriz, o para el caso de India y China, corresponde a países con una economía emergente en rápido crecimiento, al igual que su industria automotriz, bien sea por el desarrollo local propio o por el asentamiento de las plantas de los fabricantes tradicionales en estos países.

Figura 29. Principales países origen de las publicaciones



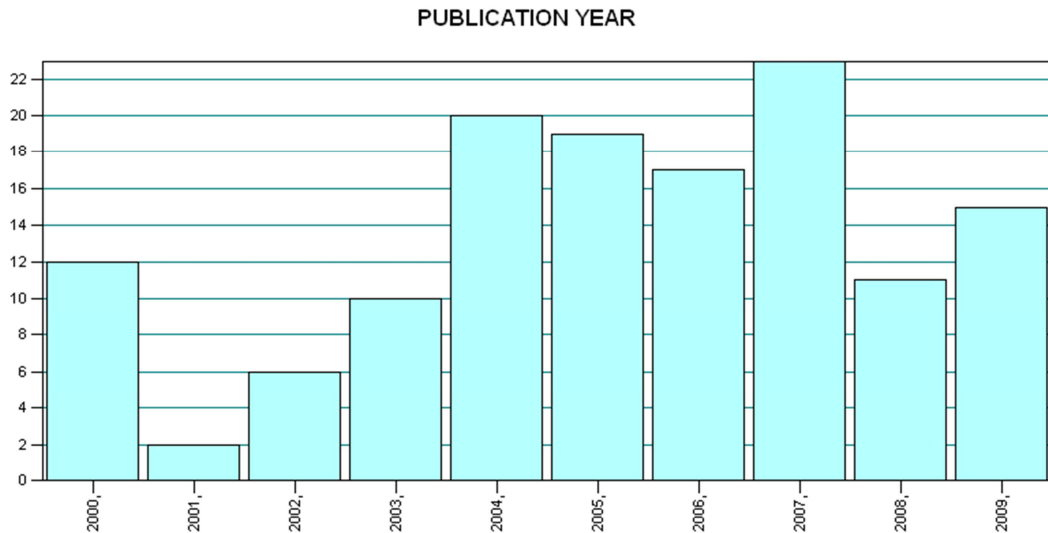
En la figura 30 se observa que los temas más estudiados son las aleaciones de Aluminio aplicables al sector automotor, los temas referidos a la producción propiamente de las partes para vehículos, las propiedades mecánicas, esto último por las cuestiones de seguridad de los autos, de donde se tratan de obtener materiales con mayores prestaciones; los materiales compuestos que incluyen al Aluminio es otra importante área de desarrollo.

Figura 30. Principales palabras claves encontradas para la temática del Aluminio



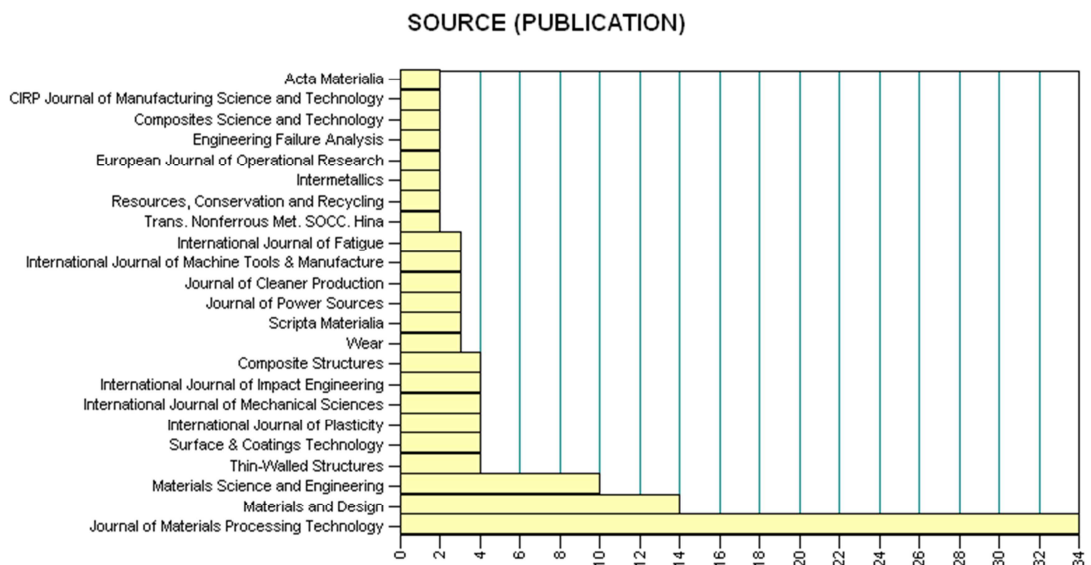
En la figura 31 se puede observar que el grueso de las publicaciones se da entre los años 2003 y 2007, con el mayor número de publicaciones generadas en 2007 con 23, no obstante en el 2009 se tienen 15 publicaciones. Se puede entender que se tiene un crecimiento sostenido, que aún se está investigando fuertemente en este tema, por lo cual se puede considerar un tema de actualidad.

Figura 31. Distribución de las publicaciones de artículos sobre trabajos referidos al Aluminio por año



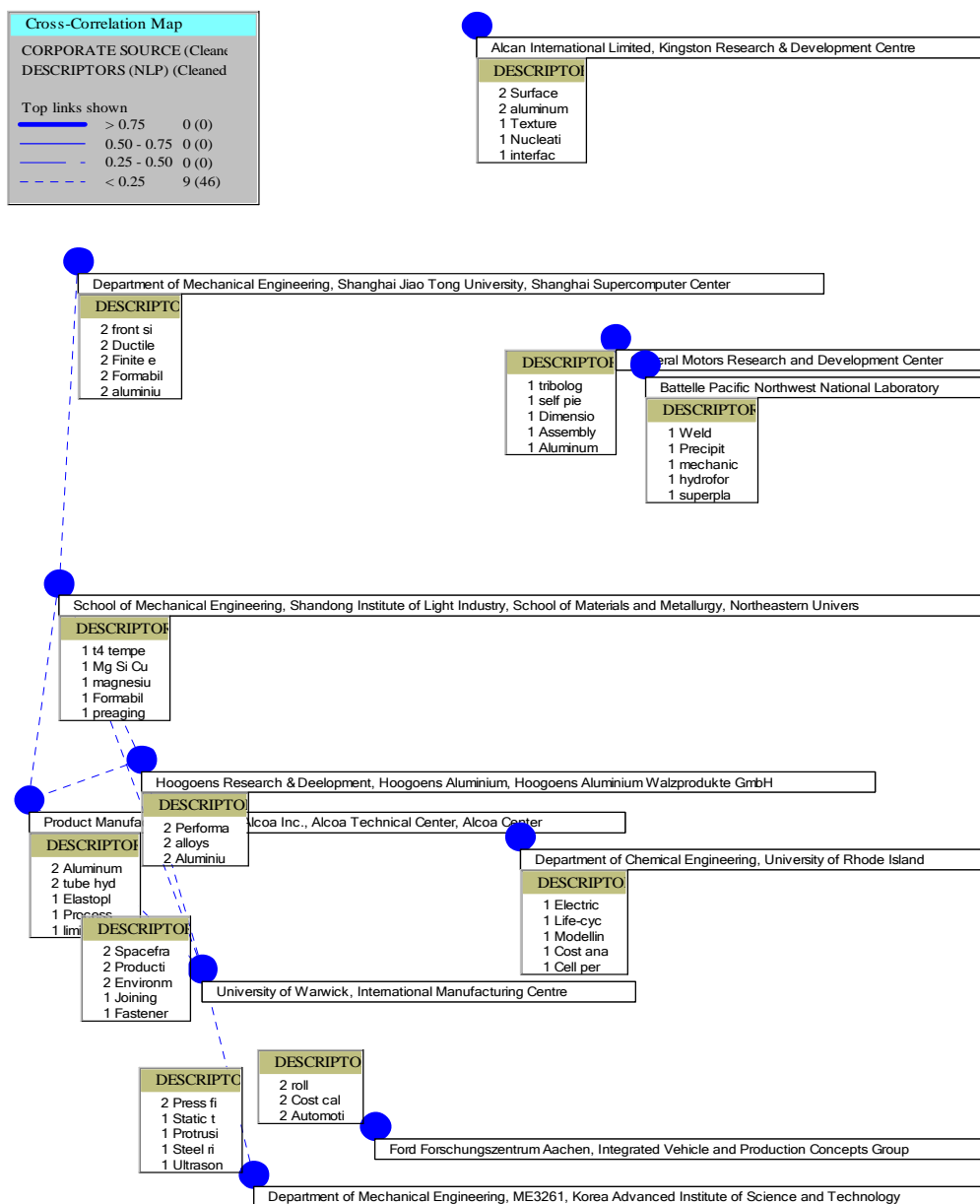
En la figura 32 se muestra que las tres principales revistas para publicar temas referentes a la investigación con el material Aluminio para producir partes para vehículo son Journal of materials processing technology, Materials design y Materials science and engineering. Conocer estas fuentes puede ser importante para los grupos de investigación nacionales o las empresas que requieran disponer de información actualizada sobre este tema.

Figura 32. Principales revistas donde se publican trabajos sobre el Aluminio



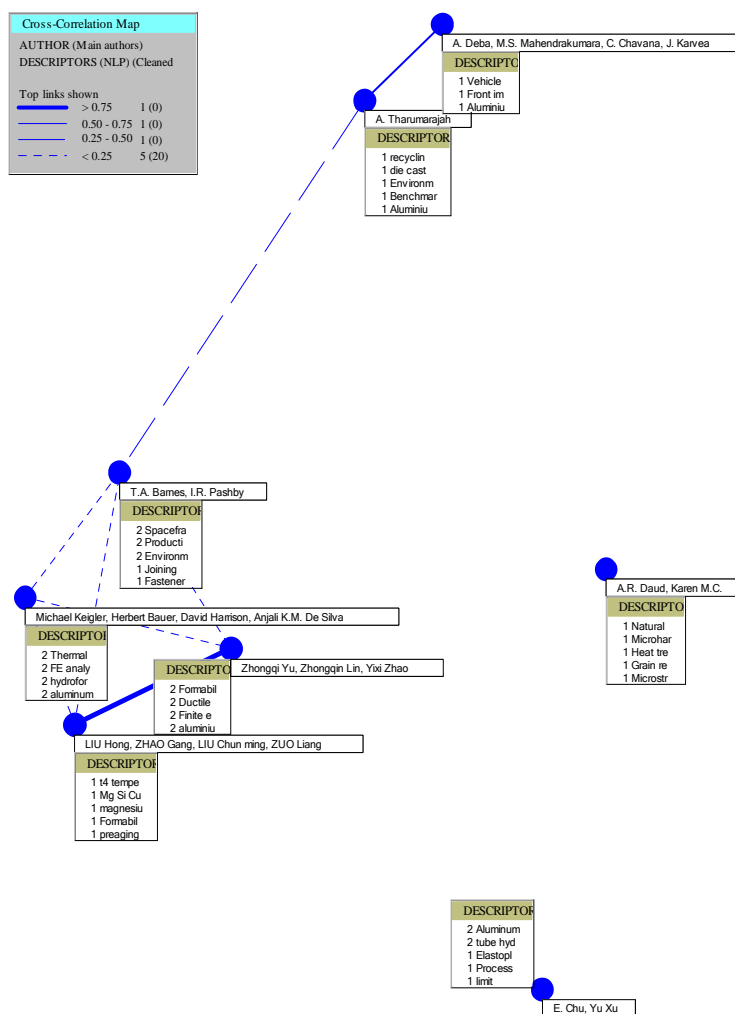
La figura 33 muestra a varias instituciones que se encuentran trabajando diferentes temáticas con respecto al Aluminio aplicado a la fabricación de autos. Por ejemplo, el Departamento de ingeniería mecánica de la Universidad de Jiao Tong de Shanghai, se encuentra investigando en áreas concernientes a la formabilidad de los materiales, los elementos finitos, entre otros, así como lo hace la escuela de Ingeniería Mecánica del Instituto Shandong de la industria liviana, que también trabaja formabilidad de los materiales, aleaciones, entre otros.

Figura 33. Mapa de cross-correlación entre organizaciones que investigan sobre el Aluminio y palabras claves



La figura 34, al igual que el mapa anterior, muestra a distintos autores con investigaciones en temáticas comunes. Así, por ejemplo, las líneas más gruesas indican que estos autores pueden presentar más ocurrencias de tópicos similares en sus investigaciones que han sido publicadas. Como son los casos de A. Deba, M.S. Mahendrakumara, Chavana y Karvea con A. Tharumarajah con los temas de reciclado, medio ambiente, fundición, entre otros. También se destaca el caso de los investigadores Zhongqi Yu, Zhongqi Lin y Yixi Zhao con Liu Hong, Zhao Gang, Liu Chum Ming y Zuo Liang, en el tema de formabilidad.

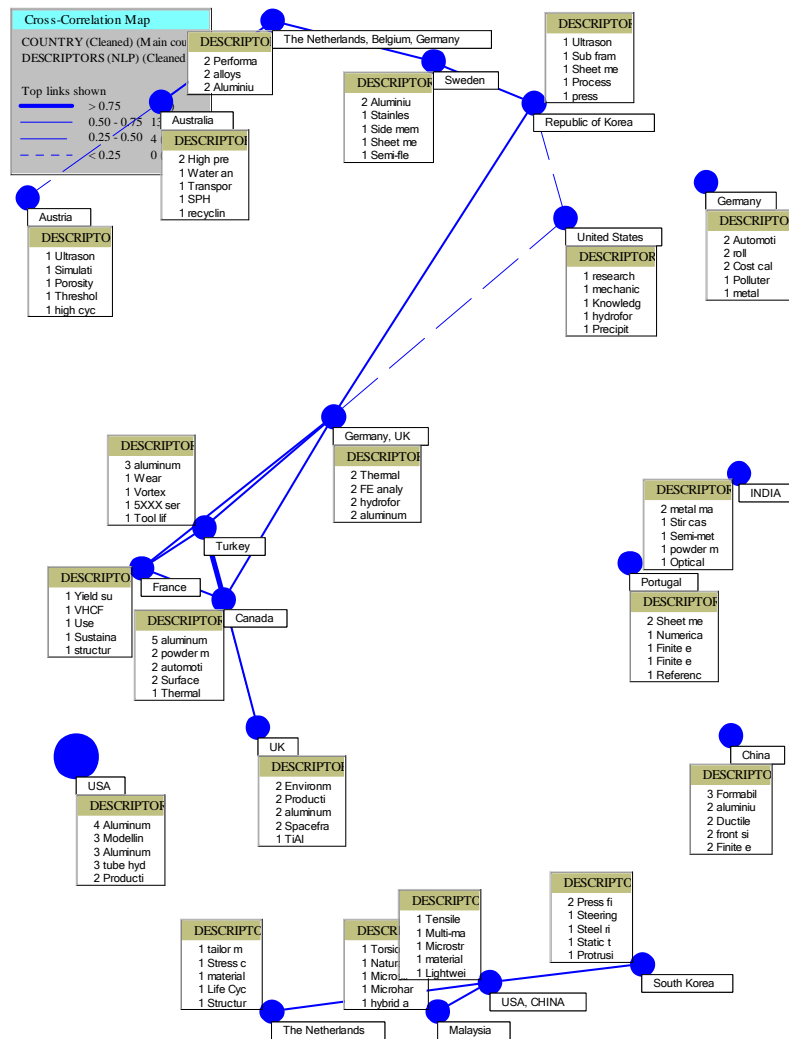
Figura 34. Mapa de Cross-correlación entre autores y palabras claves



La figura 35 destaca tres grupos o nodos de países investigando en tópicos comunes, como son los casos de la parte superior con Australia, Holanda, Corea, Suecia, Alemania, Belgica en temas como aleaciones, ensayos no destructivos, procesos, láminas; otro grupo conformado por Turquía, Francia y Canadá, investigando temas como elementos finitos, propiedades térmicas, de superficie.

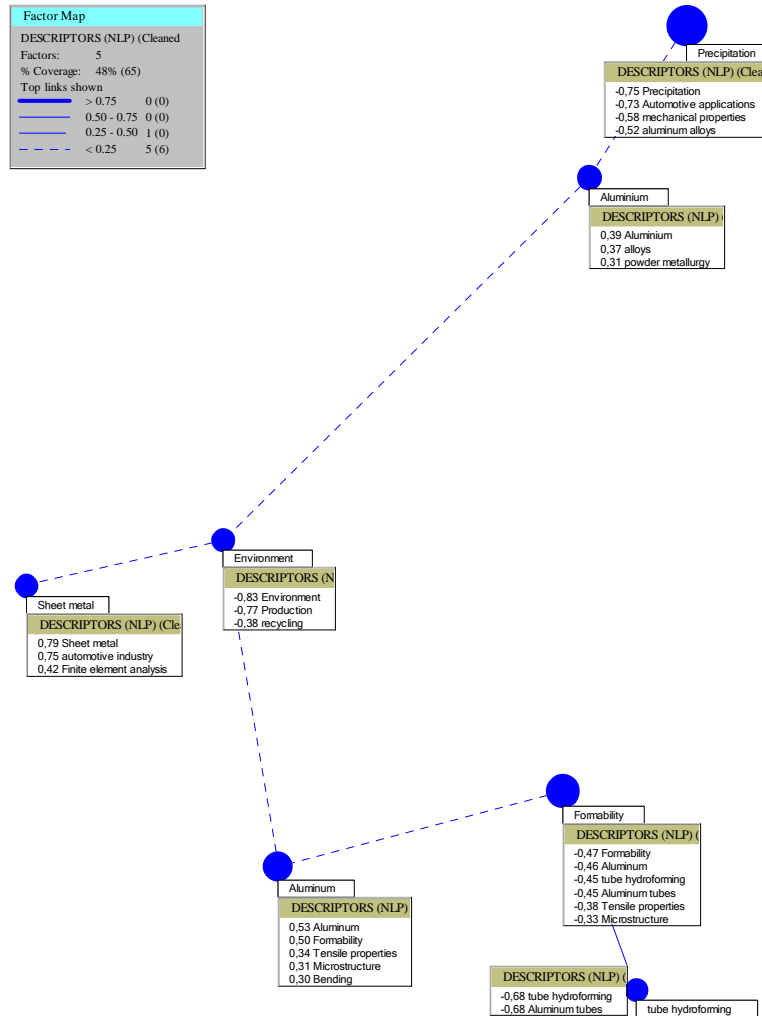
También se aprecia un tercer grupo conformado por Holanda, Malasia, Estados Unidos, China y Corea en aspectos como por ejemplo propiedades mecánicas, elementos finitos y microestructura, entre otros.

Figura 35. Mapa de Cross-correlación entre países y palabras claves



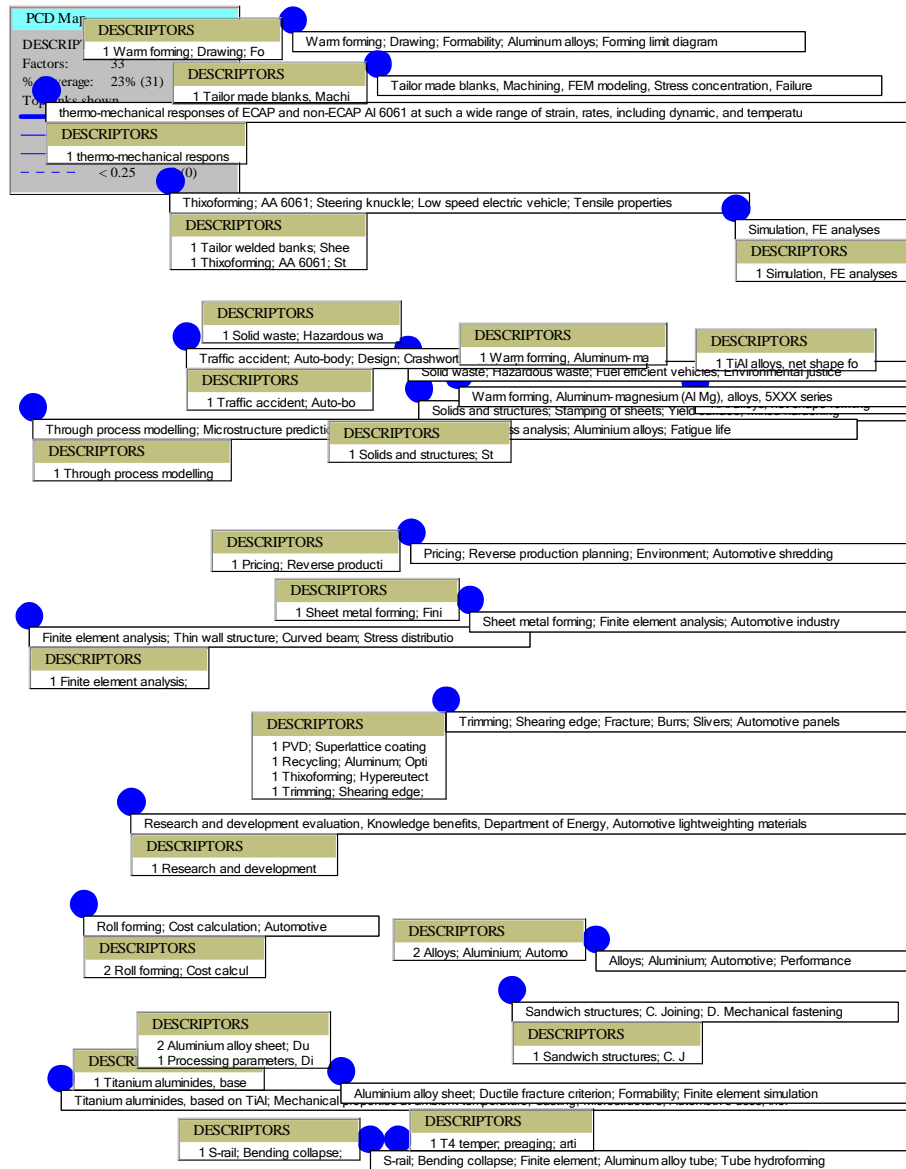
La figura 36 presenta distintos términos que frecuentemente ocurren juntos en grupos de artículos del conjunto de publicaciones estudiadas. Por ejemplo, elementos finitos, láminas metálicas, formabilidad, hidroformado de tubos, entre otros temas referidos al Aluminio para fabricar piezas para vehículos.

Figura 36. Mapa de factores de distintos términos claves



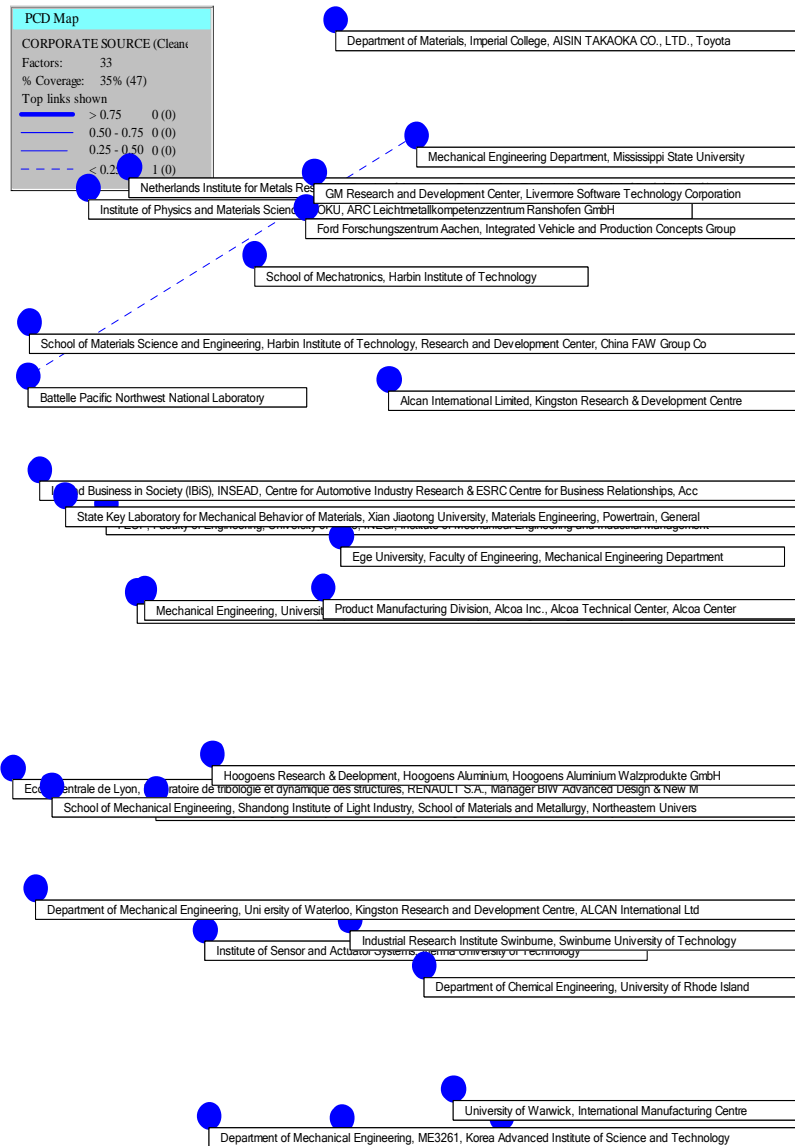
En la figura 37 se muestra que en cuanto a distintos términos que componen los títulos del conjunto de artículos analizados, se presenta una frecuencia de ocurrencia conjunta entre diversos términos, como por ejemplo, láminas de Aluminio, técnicas de unión, diseño para la reducción de peso, aleaciones, springback, extrusión, fundición, preparación de superficies, entre otros.

Figura 38. Mapa PDC para palabras claves



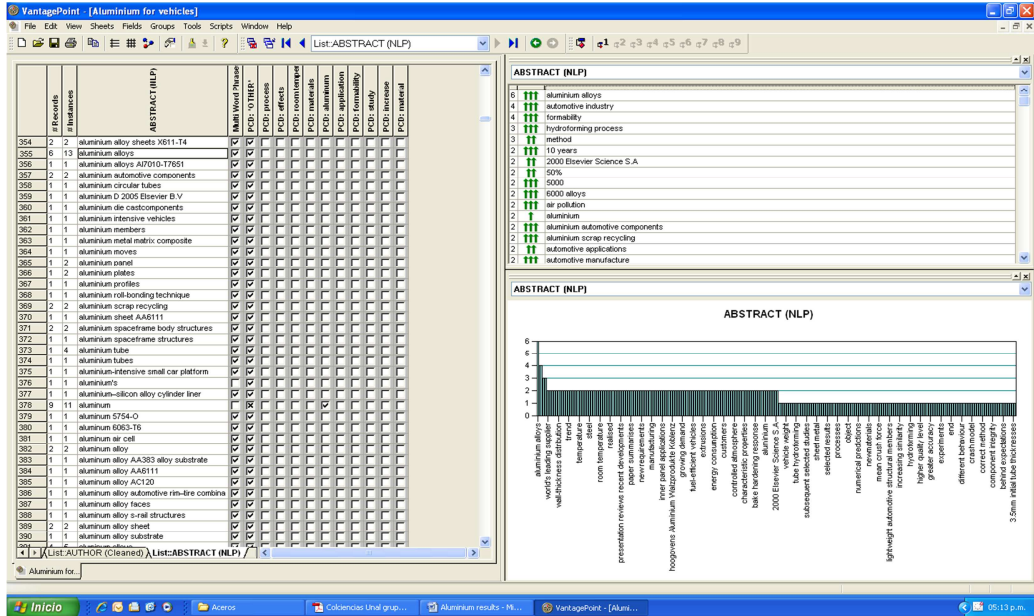
En la figura 39 se muestra un grupo de instituciones que más comúnmente publica resultados de investigación sobre partes para vehículos fabricadas en el material Aluminio. El tamaño similar de los nodos indica que el número de publicaciones es similar entre las diversas instituciones. Como se mencionó antes, se presentan instituciones de países tradicionales en la industria automotriz como Estados Unidos, Alemania, Francia, entre otros y economías emergentes como China y Corea. Se destacan instituciones ampliamente conocidas en el mundo en la transformación del Aluminio como lo son Alcoa y Alcan.

Figura 39. Mapa PDC para organizaciones origen de las publicaciones



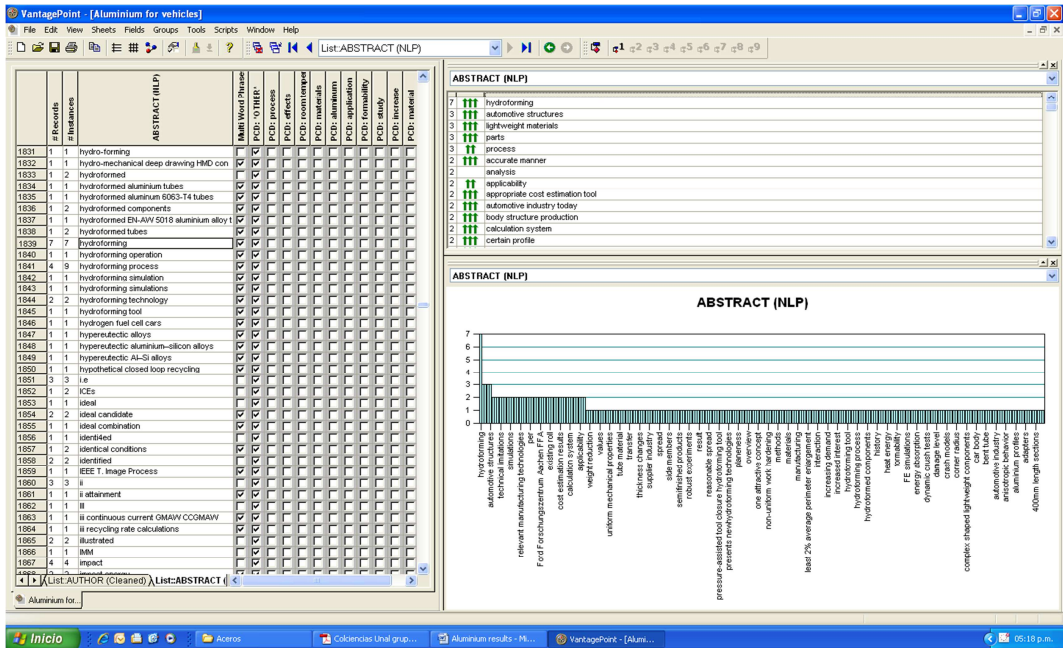
En la figura 40 se aprecia que otro de los temas de más publicación continua siendo el de las aleaciones de Aluminio, lo cual se puede interpretar como desarrollo de nuevas aleaciones, o mejoramiento o modificación de las existentes en propiedades mecánicas, por ejemplo y en función de una aplicación específica.

Figura 40. Listado de palabras claves sobre Aluminio



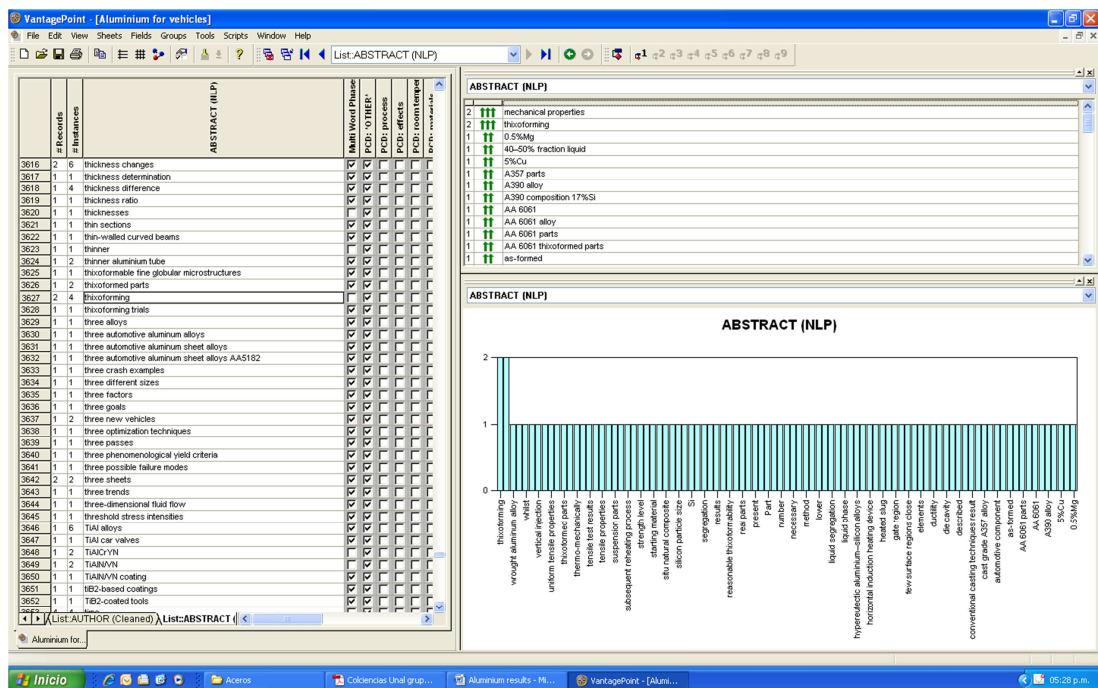
La figura 41 indica que los procesos de conformado de partes para autos por hidroformado son de especial atención por los investigadores, dado que se observa que el número de publicaciones (siete), con respecto a este tema sobresale sobre otros términos.

Figura 41. Listado de palabras claves de los resúmenes de los artículos analizados



En la figura 42 se observa que el proceso de thixoforming también es uno de los más estudiados actualmente, el cual hace referencia a la fabricación de partes para vehículos en aleaciones ligeras como el Aluminio y el Magnesio.

Figura 42. Otro listado importante de palabras claves de los resúmenes de los artículos



4.1.3 Magnesio

La figura 43 muestra un listado de un grupo de instituciones que más han investigado y publicado sobre la temática del Magnesio en relación con el sector automotor. Sobresalen el departamento de mecánica, automoción e ingeniería de materiales de la universidad de Windsor, en Ontario, Canadá, el centro de dirección del emprendimiento de la universidad de Derby, el Colegio de ciencia de los materiales e ingeniería de la universidad Hunan y el departamento de ingeniería de materiales del instituto hindú de ciencias, entre otras.

Figura 43. Listado de instituciones que investigan sobre el material Magnesio

#Records	#Instances	Corporate Source
1	4	Department of Mechanical, Automotive & Materials Engineering, University of Windsor, Windsor, Ontario, Canada, Manufacturing & Process Department, Ford Research
2	2	Centre for Entrepreneurial Management, Derbyshire Business School, University of Derby, Kedleston Road
3	2	College of Materials Science and Engineering, Hunan University, Department of Chemistry, Zhejiang University, Hangzhou
4	2	Department of Chemistry and Biochemistry, Laurentian University, Sudbury, Ontario, Canada, Integrated Manufacturing Technologies Institute, National Research Council
5	2	Department of Material Science and Engineering, Technical University of Clausthal, Clausthal-Zellerberg
6	2	Department of Materials Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore
7	2	Department of Materials Science and Engineering, Xi'an Jiaotong University Department of Materials Science and Engineering, Xi'an Technological University, Mianchi
8	2	Department of Mechanical Engineering, Nigde University
9	2	Division of Materials Processing Technology and Computer Techniques in Materials Science, Institute of Engineering Materials and Biomaterials, Silesian University of Technology
10	2	General Motors Research and Development Center
11	2	Graduate student, Osaka University, Osaka, Japan Faculty of Engineering Science, Osaka University, Osaka, Japan
12	2	Human Sciences Research Council University of KwaZulu-Natal, Durban, South Africa
13	2	IFUM-Institute for Metal Forming and Metal Forming Machine Tools, University of Hannover, Germany IFH-Institute for Integrated Production Hannover Ltd., Germany
14	2	Industrial Research Institute Swinburne, Swinburne University of Technology, Hawthorn, Melbourne
15	2	Institute of Metal Research, Chinese Academy of Sciences, Wenhua Road, Shenyang
16	1	(Norwegian Defence Research Establishment) (Jøllar), Norway Direction General d'armement/Bassin àvais des carènes (DGA/BC), Chaussée du Venin, Val de Reims
17	1	Aerospace Manufacturing Technology Centre, Institute for Aerospace Research, National Research Council Canada
18	1	Alcan International Limited, Kingston Research & Development Centre, Princess Street
19	1	Applied Sciences Faculty, Sakarya University, Sakarya, Turkey Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering, Sakarya University, Sakarya, Turkey
20	1	Automotive Department, Faculty of Mechanical Engineering, University of Belgrade, Kraljevske Marje
21	1	Brunel Centre for Advanced Solidification Technology (BCAST), Brunel University, Uxbridge
22	1	Bundesanstalt für Materialforschung und -Prüfung, BAM, Berlin, Germany
23	1	CAST Co-operative Research Centre and ABC-Centre of Excellence Design in Light Metals, Materials Engineering, School of Engineering, The University of Queensland
24	1	CAST Co-operative Research Centre, Centre for Material and Fibre Innovation (CMFI), Gestung Technology Precinct, Deakin University, Pigdon Road, Warrnambool
25	1	Center for Advanced Vehicular Systems, Mississippi State University, Research Building, Starkville, GWM School of Mechanical Engineering, Georgia Institute of Technology
26	1	Centro Ricerche Fiat, Strada Torino Orbascano, Torino, Italy
27	1	Chair of Forming Technology, Dortmund University, Germany Chair of Manufacturing Technology, University Erlangen-Nuremberg, Germany
28	1	College of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing, School of Materials Science and Engineering, Central South University
29	1	ORC for Cast Metals Manufacturing (CAST), Division of Materials, School of Engineering, The University of Queensland, St. Lucia, Brisbane
30	1	CISRO Sustainable Ecosystems, Graham Road, Hightsett
31	1	Delft University of Technology, Faculty of Design Engineering and Production, Industrial Design Engineering, Landbergstraat
32	1	Department of Chemical Engineering and Metallurgy, University of Barcelona
33	1	Department of Energy Science and Technology, Graduate School of Energy Science, Kyoto University, Yoshidahonmachi, Sakyo Materials Research Institute for Sustainable Energy
34	1	Department of Engineering Design and Manufacture, University of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia
35	1	Department of Engineering Technology and Industrial Distribution, Texas A&M University, College Station, Materials Systems Laboratory, Department of Materials Science and Engineering
36	1	Department of Engineering, University of Ferrara, Via Saragat Department of Management and Engineering, University of Padova, Stradella S. Nicola
37	1	Department of Management and MS, University of West Florida, Pensacola, Purdue University, United States, John Deere Power Systems, Waterloo, Tranzact Technical Services

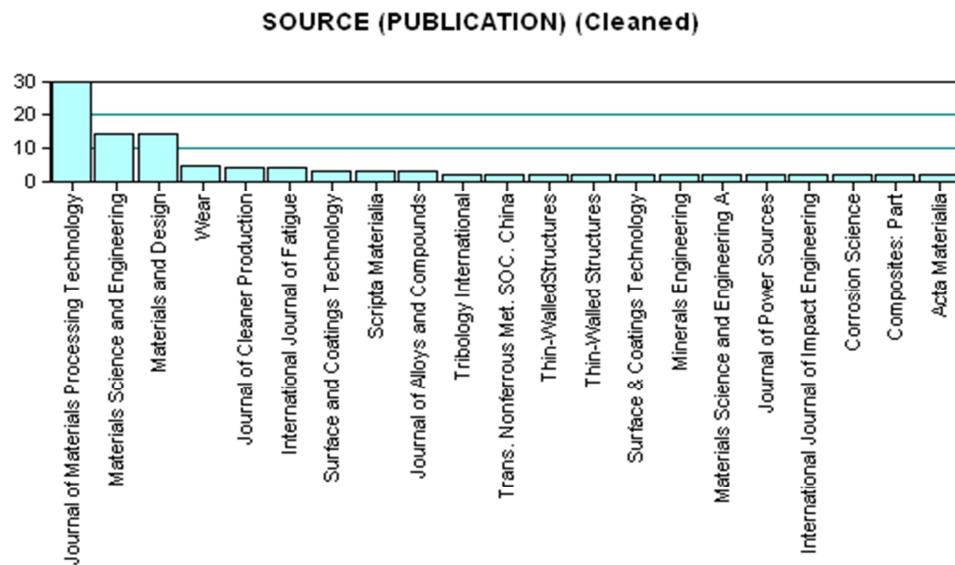
En la figura 44 se observa que el tema de las aleaciones de Magnesio es uno de los que más se continúa estudiando. Se hace referencia al desarrollo de nuevas aleaciones, estudio de las propiedades, nuevas aplicaciones, entre otros.

Figura 44. Listado de palabras claves sobre el material Magnesio

#Records	#Instances	Descriptor
1	33	Magnesium alloy
2	13	magnesium
3	10	Microstructure
4	8	Mechanical property
5	7	Alloy
6	6	recycling
7	5	material selection
8	4	Automobile
9	4	Corrosion
10	4	Extrusion
11	4	metal
12	3	aluminum alloy
13	3	Automotive
14	3	cast magnesium
15	3	casting
16	3	Finite element analysis
17	3	Friction
18	3	High-cycle fatigue
19	3	hydroforming
20	3	laser
21	3	LCA
22	3	Porosity
23	3	Precipitation
24	3	roll
25	3	Texture
26	2	absorptive capacities
27	2	Aluminum
28	2	Aluminum alloys
29	2	automobile industry
30	2	automotive industry
31	2	AZ31 magnesium alloy
32	2	Cast aluminum
33	2	Casting defect
34	2	Defect
35	2	deformation
36	2	die-cast magnesium alloy
37	2	electrochemical impedance spectrum

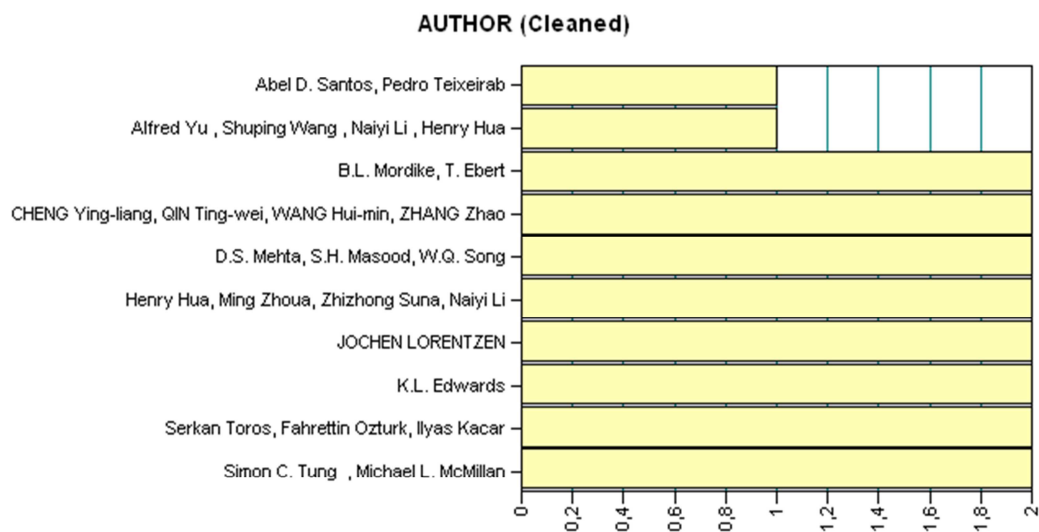
La figura 45 muestra que algunas de las principales fuentes de publicación para las investigaciones en Aluminio para automotores son las revistas Journal of Materials Processing Technology, Materials Science and Engineering y Materials Science and Engineering.

Figura 45. Principales fuentes de publicación sobre el Magnesio



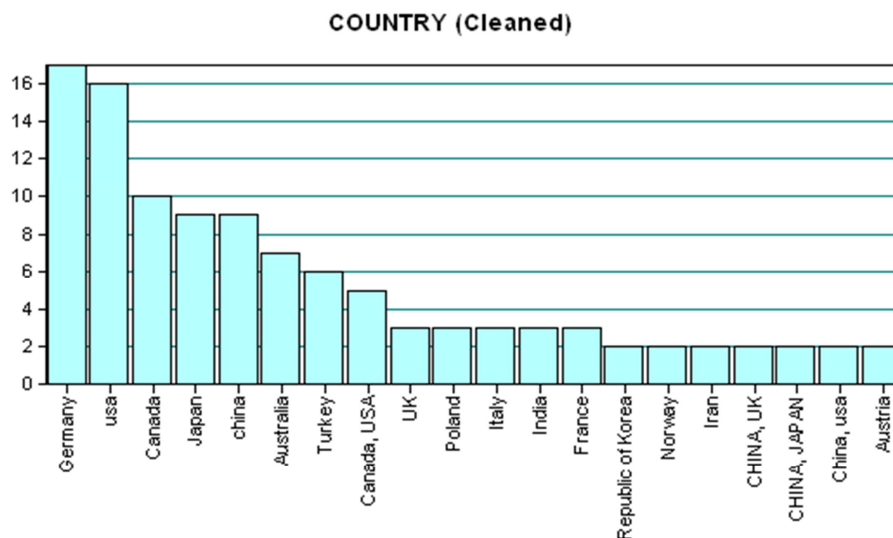
La figura 46 exhibe un listado con los autores que más publicaron en el periodo estudiado (2000-2009). Aunque no se tiene un número considerable de autores con a su vez variadas publicaciones, sobresalen Tung, McMillan, Toros, Ozturk, Kacar, Edwards, Lorentzen, entre otros.

Figura 46. Grupo de autores con publicaciones sobre el Magnesio



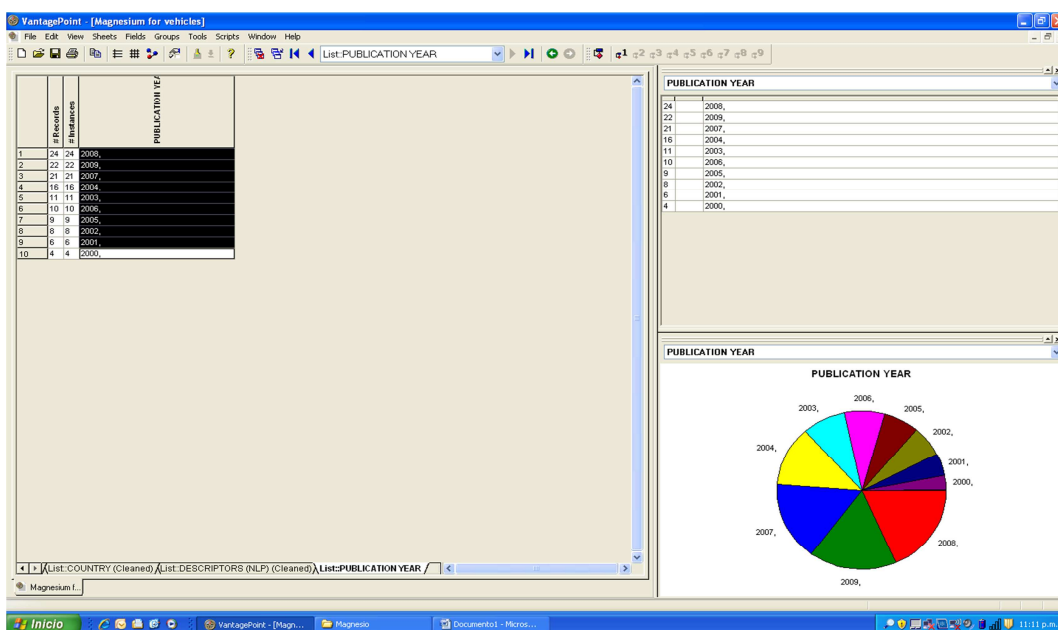
En la figura 47 se aprecia que entre los principales países de origen de las publicaciones sobresalen Alemania (17 publicaciones), Estados Unidos (16) y Canadá (10).

Figura 47. Países de origen de las publicaciones



La figura 48 muestra que en cuanto a los años de publicación, el periodo 2006-2009 representa más de la mitad de las publicaciones, lo cual es interesante porque indica que el tema es de gran actualidad y todavía puede existir un importante espacio para nuevos desarrollos e investigaciones.

Figura 48. Distribución por años de las publicaciones sobre Magnesio



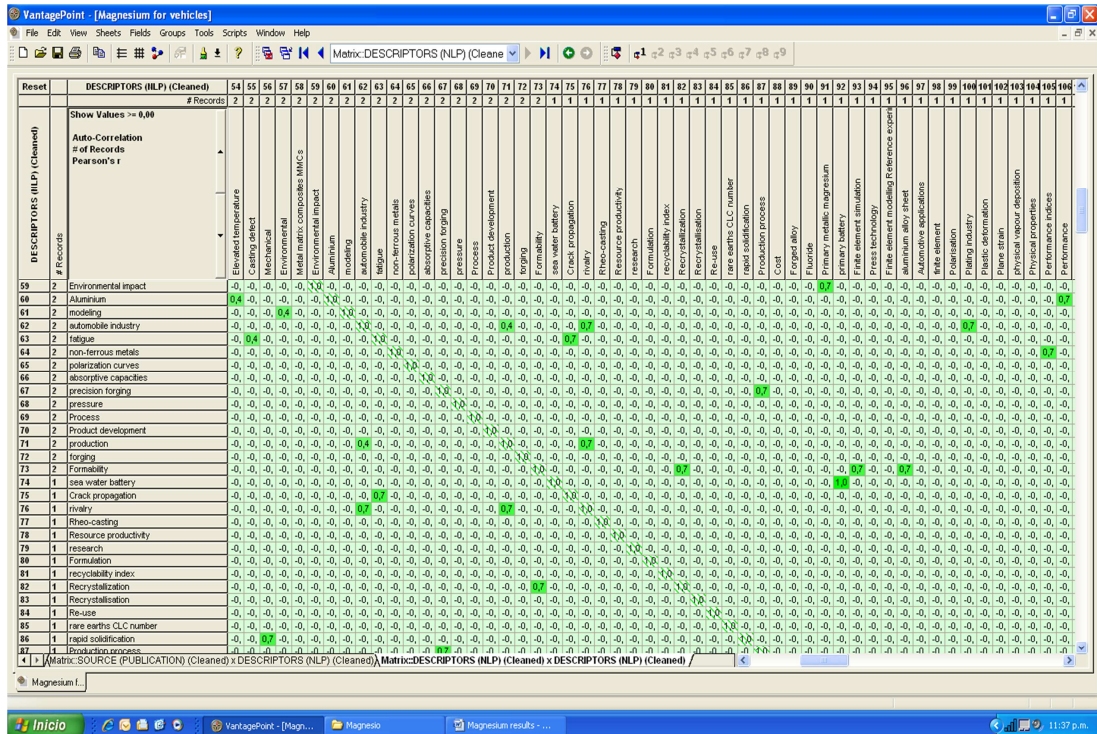
La figura 49 presenta una matriz que exhibe una alta correlación entre varios términos, sobresalen por ejemplo, fundición del Aluminio y fundición del Magnesio, lo cual puede indicar la realización de investigaciones comparativas acerca de la fabricación de partes para vehículos en estos dos materiales por procesos de fundición (líneas 24 con 48).

También se encuentran altas correlaciones entre los términos estructura y tratamiento térmico con los términos precipitación, lo que puede obedecer a estudio de propiedades físicas o mecánicas de las aleaciones de Magnesio en función de su utilidad para la fabricación de componentes para automóviles, con aplicación a materiales compuestos, por ejemplo (líneas 25 con 34 y 36).

Figura 49. Matriz de auto-correlación entre palabras claves

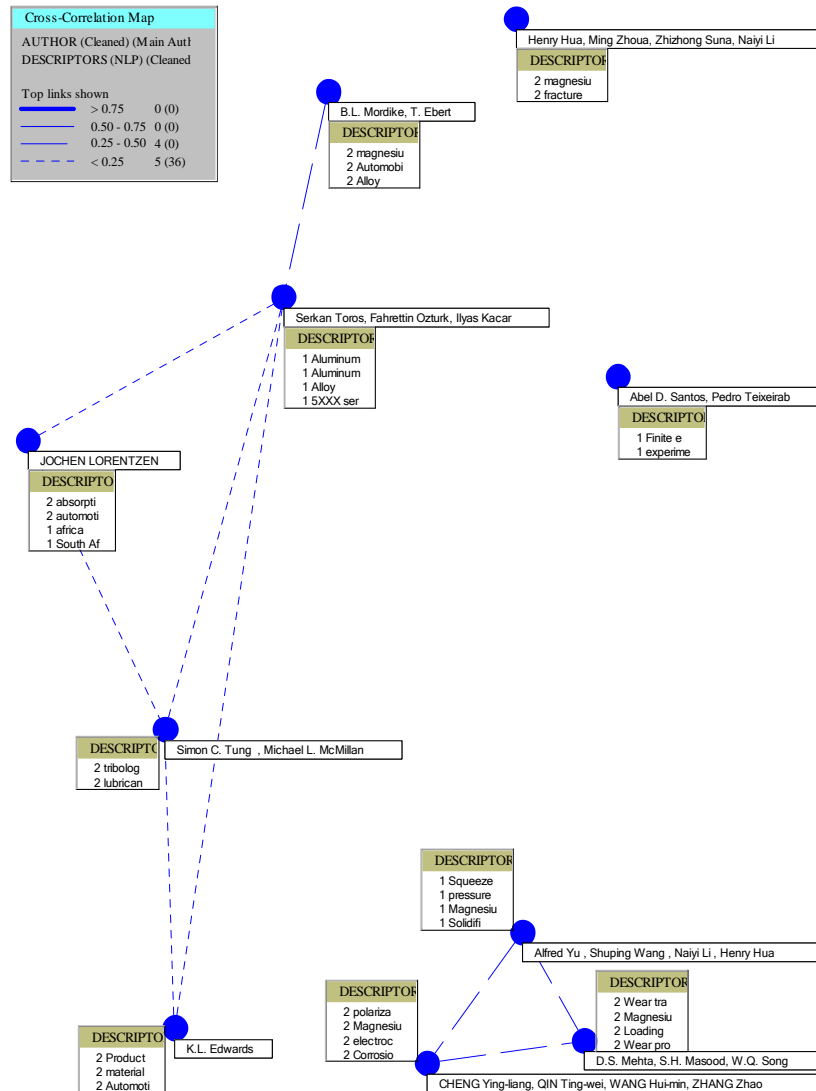
La figura 50 muestra en las líneas 73 con 82, 93 y 96, una alta correlación entre los términos formabilidad, análisis por elementos finitos y el desarrollo de aleaciones a base de Magnesio.

Figura 50. Matriz de auto-correlación entre palabras claves



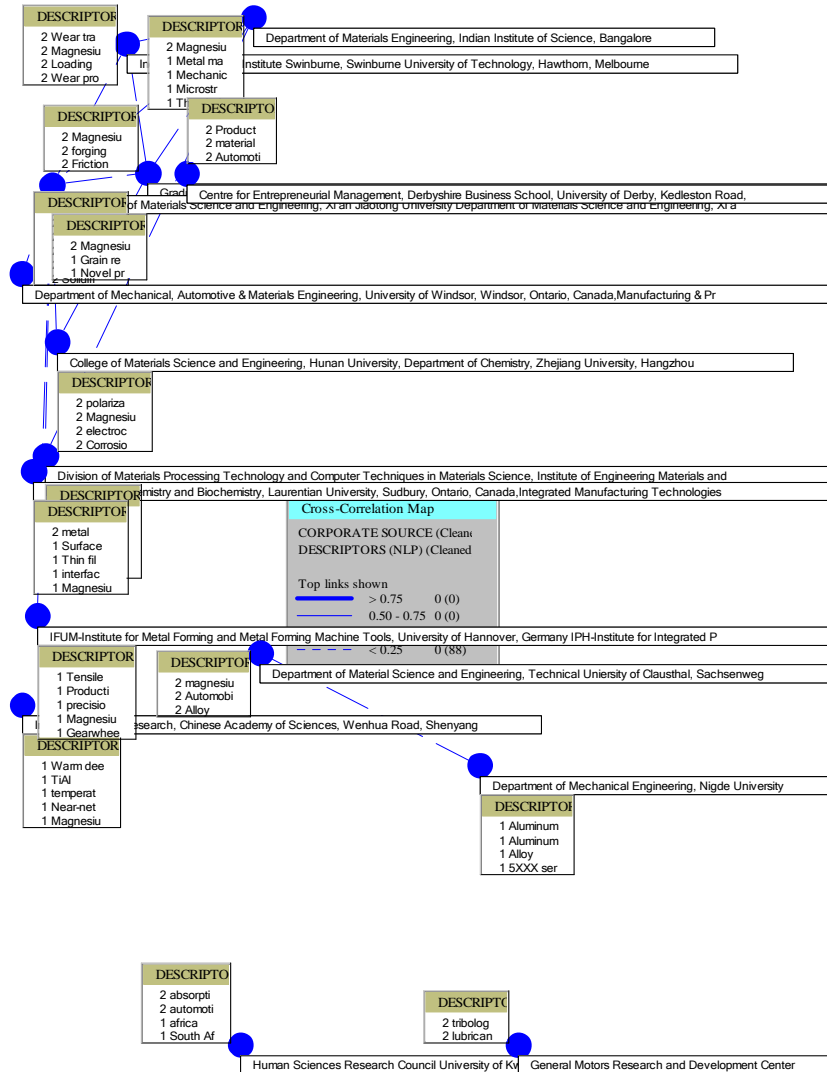
En el mapa de la figura 51 se pueden apreciar autores como Edwards, Tung, mcMillan, Lorentzen, Toros Ozturk, Mordike, Ebert y Kacar que forman una especie de cluster, donde pueden encontrarse investigando sobre temas relacionados con tribología, superficies y aleaciones. Otro pequeño grupo se ha formado entre Yu Wang, Li, Hua, Ying Liang, Ting Wei, Hui-min, Zhao, Mehta, Masood, Song, Yu, Wang, Li y Hua en temáticas como por ejemplo, enfriamiento, solidificación, presión, que por lo general, son términos asociados a los procesos de fundición del Magnesio por thixomolding, squeeze casting y rheocasting.

Figura 51. Mapa de cross-correlación entre autores y palabras clave sobre el Magnesio



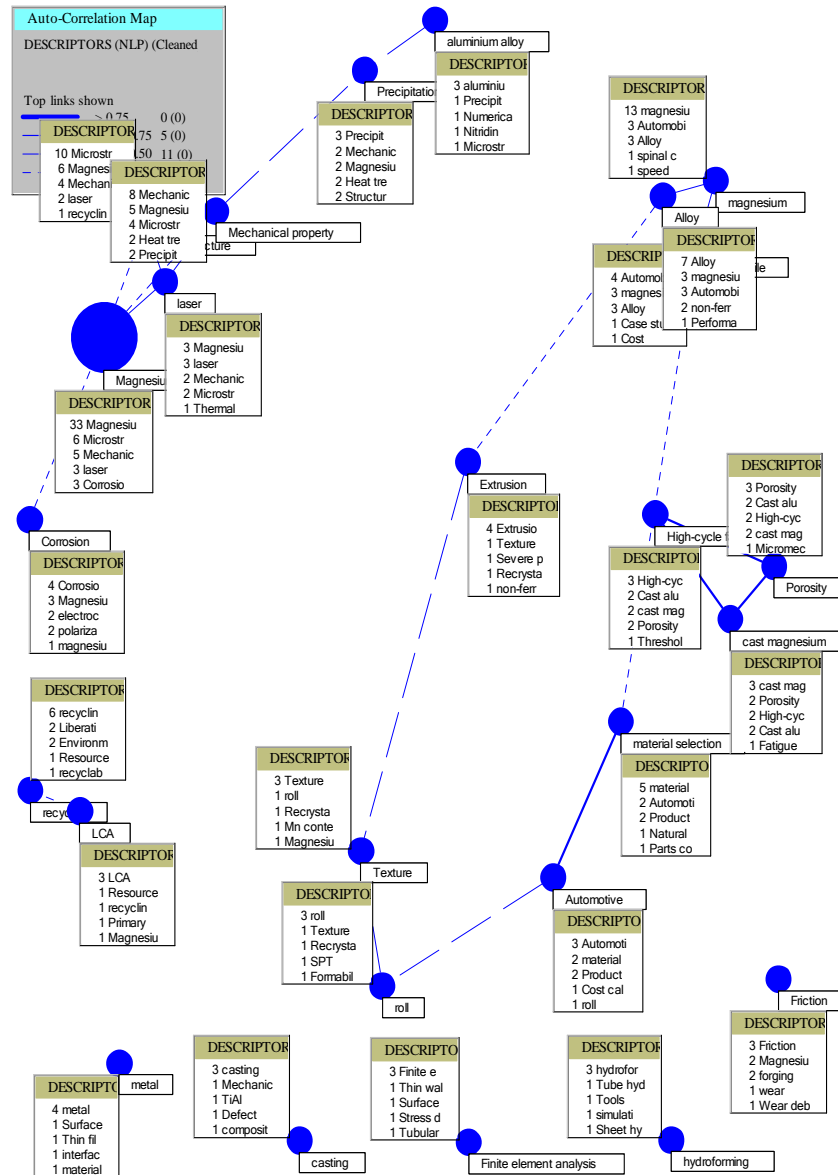
En la figura 52 se muestran los posibles tópicos existentes en común entre diversas instituciones y su grado de asociación entre ellas. Por ejemplo, se tiene la conformación de un nodo entre el departamento de ingeniería de materiales, el Instituto Swinburne, el centro para la gestión de emprendimiento de la escuela de negocios de Deryshine, el departamento de ingeniería mecánica, de materiales y automoción de la universidad de Windsor y el Colegio de ciencia e ingeniería de los materiales de la Universidad Hunan, entre otras. Los temas que se encuentran trabajando este grupo de instituciones tienen que ver por ejemplo con aleaciones de Magnesio, superficies, propiedades mecánicas y microestructura.

Figura 52. Mapa de cross-correlación entre organizaciones de investigación y palabras claves



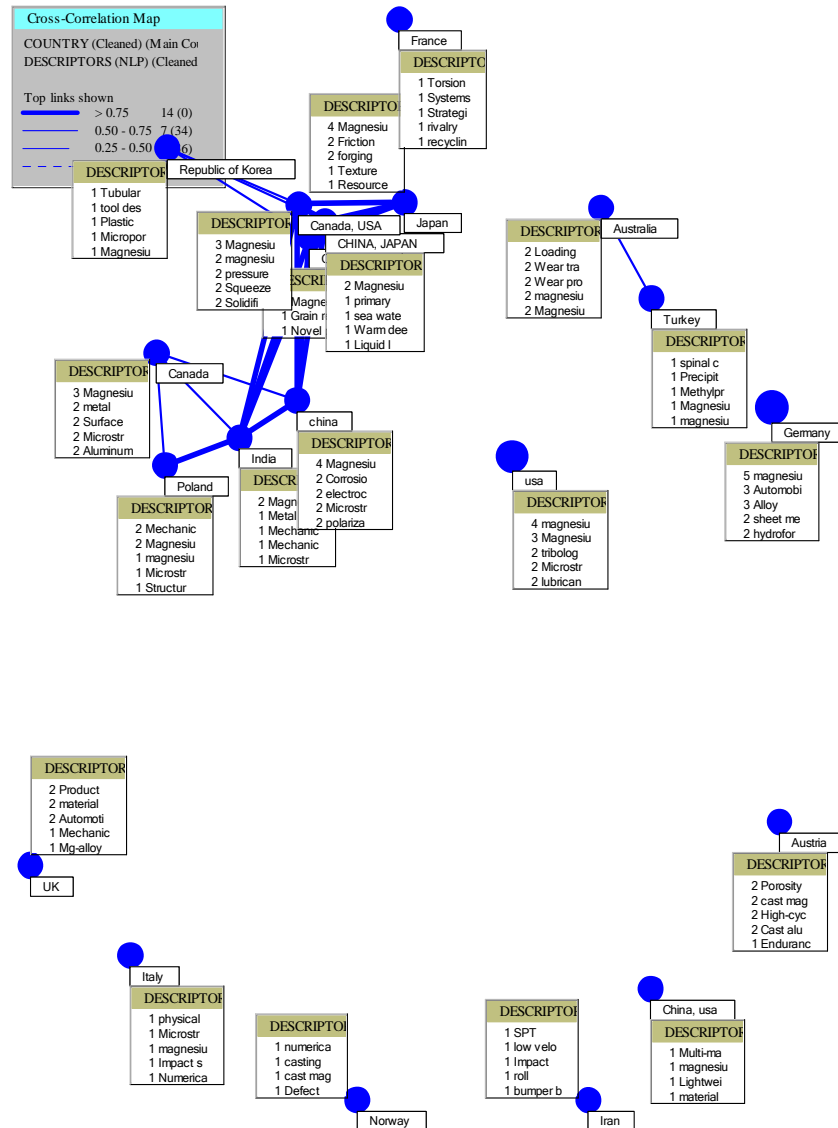
En la figura 53 se muestra una interesante especie de cluster conformado por diversos países que se encuentran investigando en tópicos similares. Se encuentran India, china, Polonia, Canadá, Francia y República de Corea. Los conceptos sobre los que trabajan se encuentran asociados a procesos de fabricación, como forja y fundición, desarrollo de aleaciones, propiedades mecánicas y microestructura.

Figura 54. Mapa de auto-correlación entre términos claves



El mapa de la figura 55 indica que un grupo de países se encuentra investigando en tópicos similares, como son por ejemplo Canadá, Estados Unidos, China, Corea, Francia. Los temas en común tienen que ver por ejemplo con aleaciones de Magnesio, superficies, corrosión, microestructuras, entre otros.

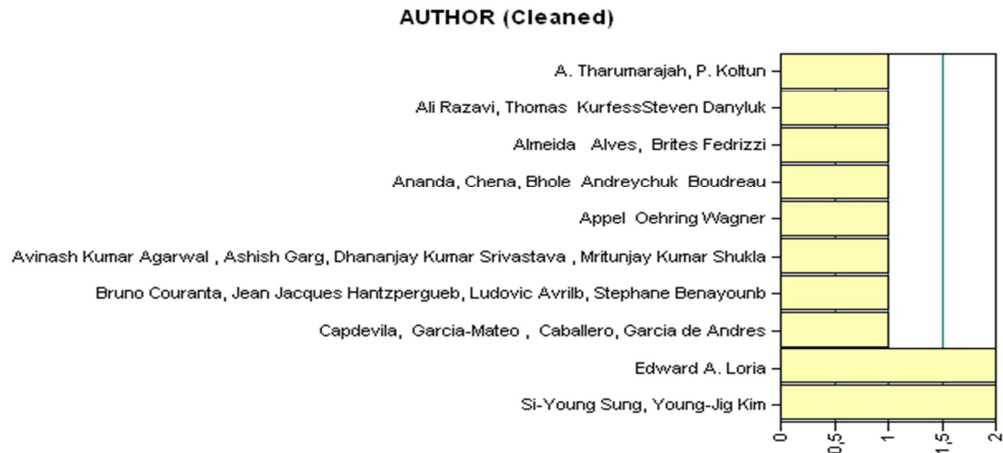
Figura 55. Mapa de cross-correlación entre países y palabras claves



4.1.4 Titanio

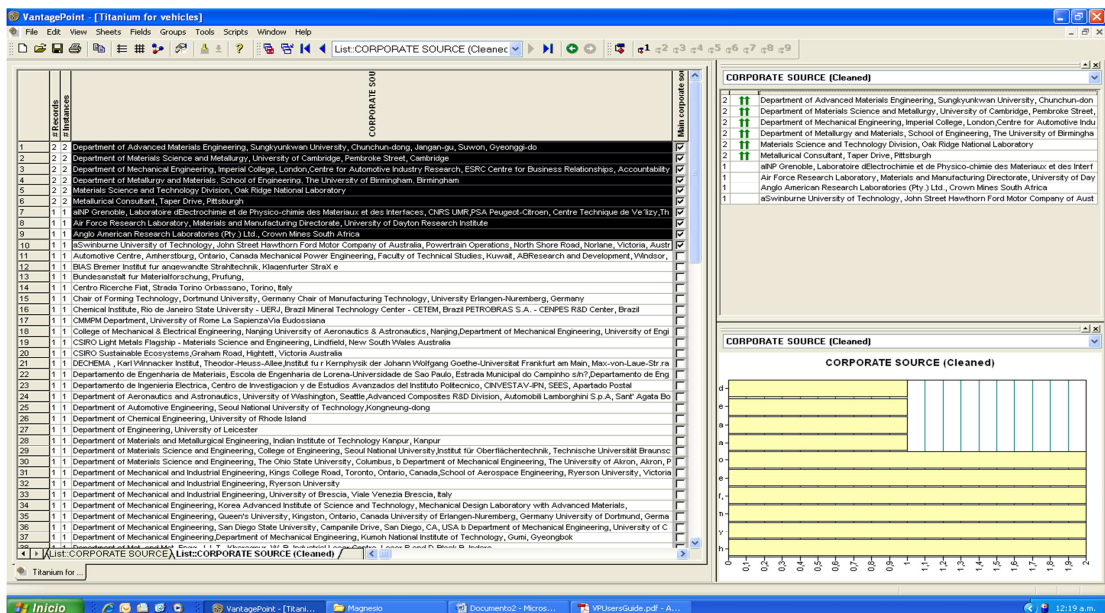
En la figura 56 se relacionan algunos autores más representativos por el número de artículos sobre aplicaciones del material Titanio para la fabricación de partes para vehículo, en el grupo de publicaciones analizadas sobresalen con dos artículos los investigadores Sung, kim y Loria.

Figura 56. Grupo de autores con publicaciones sobre el material Titanio para aplicaciones automotrices



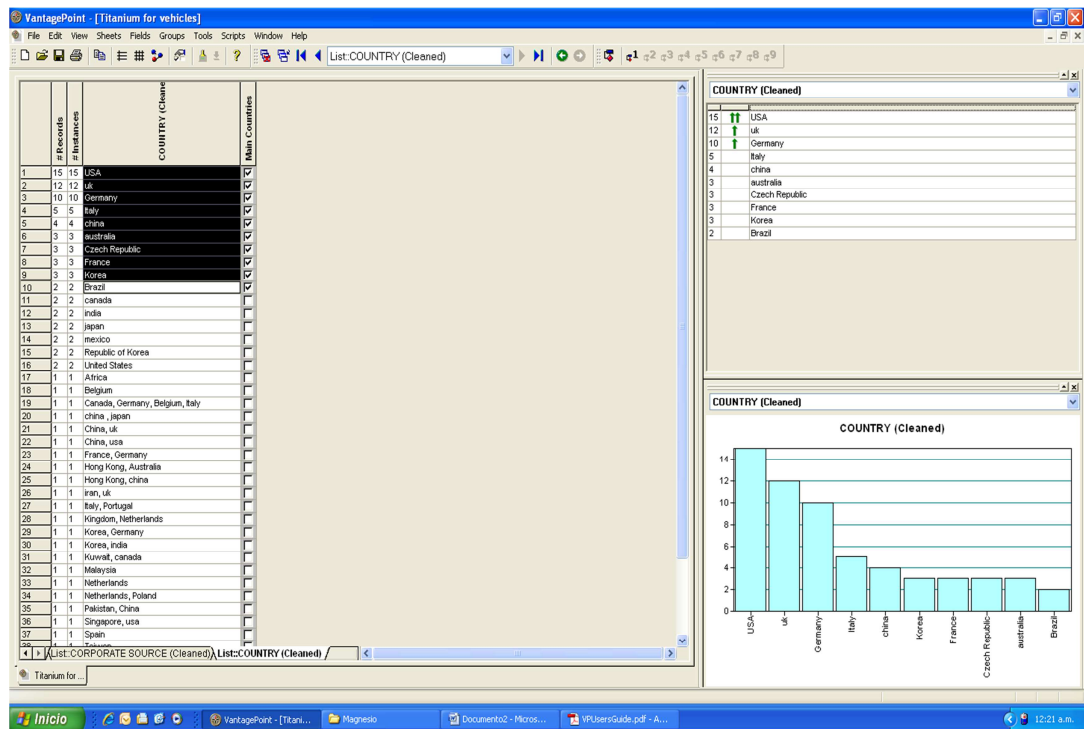
En la figura 57 se observan algunas de las instituciones que más publican sus resultados de investigación sobre partes para la fabricación de componentes para automóviles en el periodo de tiempo estudiado. Se destacan por ejemplo, el Departamento de ingeniería avanzada en materiales de la universidad Sungkyunwang, el Departamento de ciencia de los materiales y metalurgia de la universidad de Cambridge, el Departamento de ingeniería de materiales del Colegio Imperial, el Departamento de ingeniería de materiales de la universidad de Birmingham, la división de tecnología y ciencia de los materiales del Laboratorio Nacional OAK Ridge y la Consultora Metalúrgica Taper Drive de Pittsburgh, con dos publicaciones sobre este tema cada una de ellas.

Figura 57. Algunas de las organizaciones que han publicado acerca del material Titanio



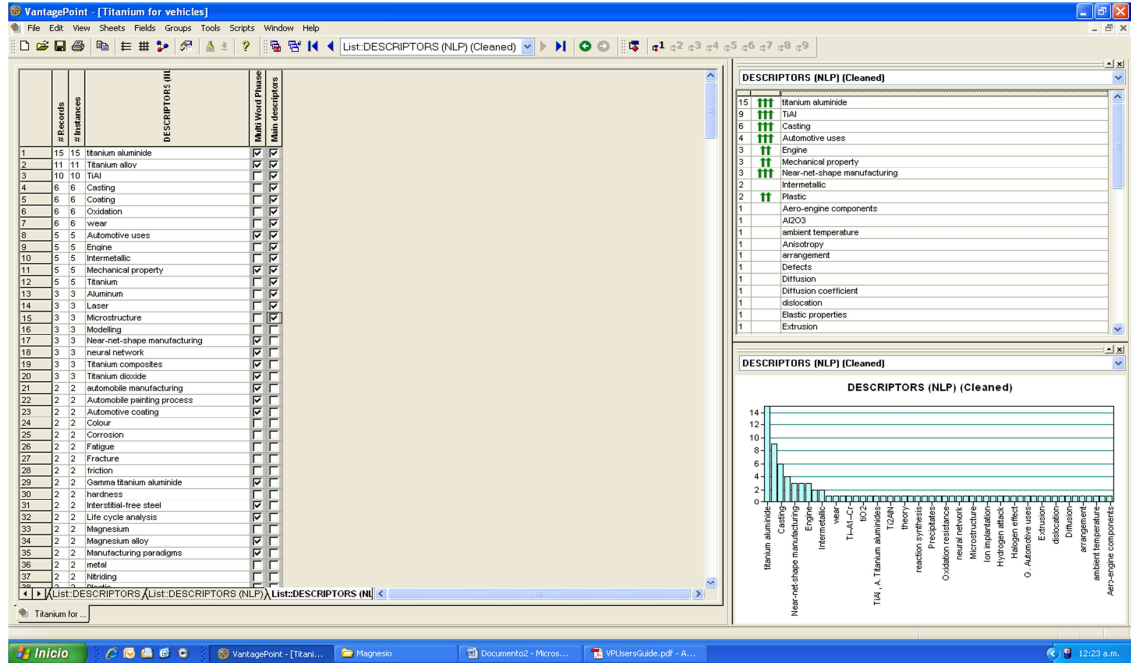
En la figura 58 en cuanto a países, se destacan Estados Unidos con 15 publicaciones, el reino Unido con 12, Alemania con 10 e Italia con 5.

Figura 58. Países con mayor número de publicaciones en la temática del Titanio para el sector automotor



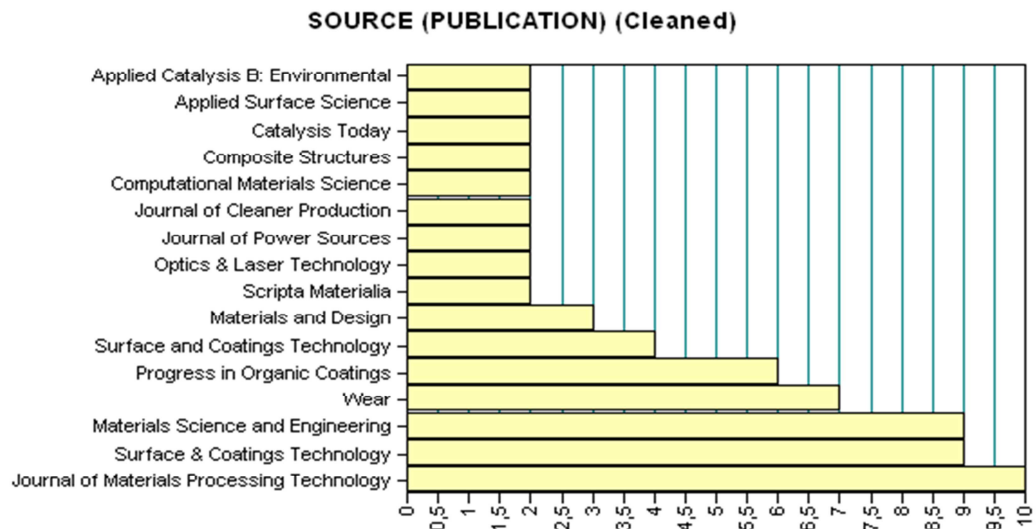
En cuanto a las temáticas que más se están investigando actualmente, en la figura 59, se destacan por ejemplo las aleaciones de Titanio, los procesos de fundición, los recubrimientos, los estudios de oxidación, las aplicaciones en autos y las condiciones de desgaste o preparación de superficies.

Figura 59. Listado de palabras claves más recurrentes sobre el Titanio



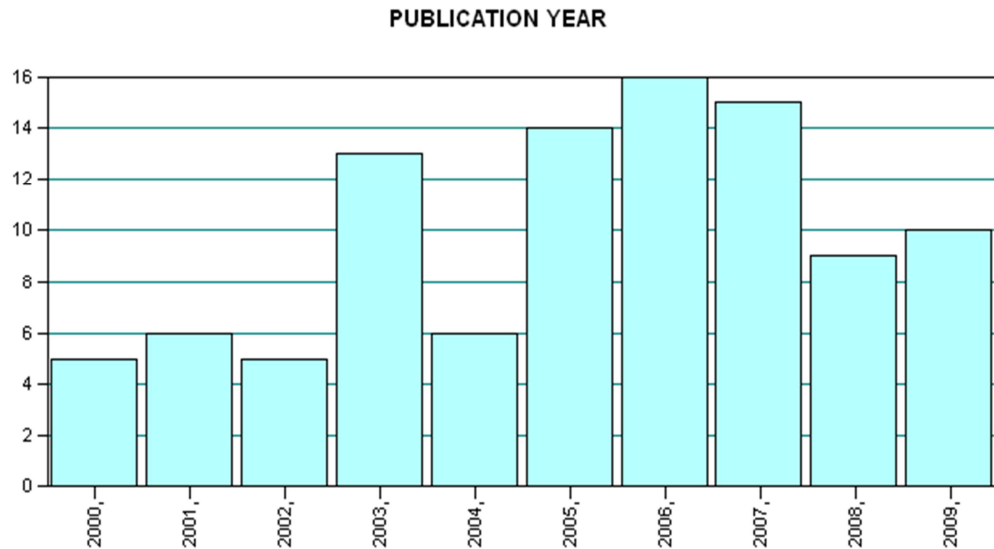
En la figura 60 se aprecian las principales fuentes para publicación de resultados sobre trabajos o investigaciones relacionadas con el Titanio para el sector automotor, en la cual sobresale la revista Journal of Materials Processing Technology.

Figura 60. Principales fuentes de publicación de trabajos o investigaciones sobre el material Titanio



En la figura 61 se observa que en el periodo comprendido entre el 2005 y el 2009, se han publicado un poco más del 50% de los artículos, lo cual indica que la investigación en el material Titanio para fabricar partes para vehículos se encuentra vigente y con una amplia cobertura.

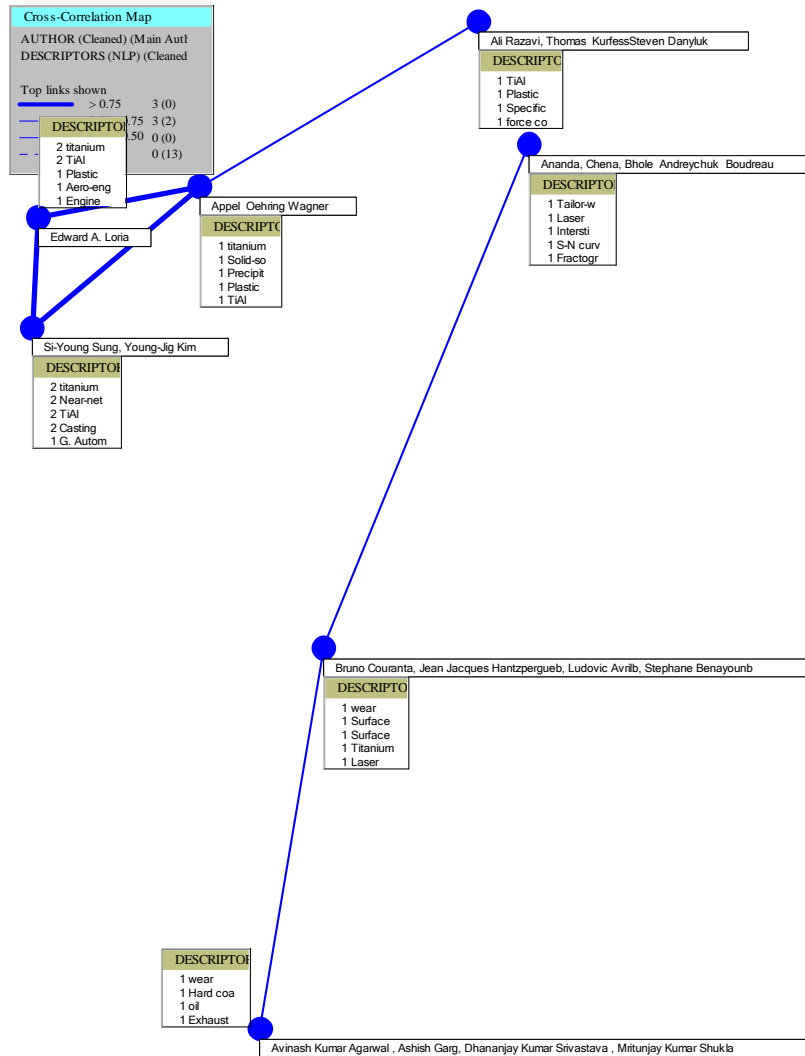
Figura 61. Relación de distribución por año de las publicaciones sobre investigaciones referidas al Titanio



La figura 62 muestra una alta correlación entre los términos referidos a algunas aplicaciones del Titanio en autos y procesos de fundición para la fabricación de piezas, como por ejemplo Engine (línea 11 vertical) y Automotive Uses (línea 12 horizontal).

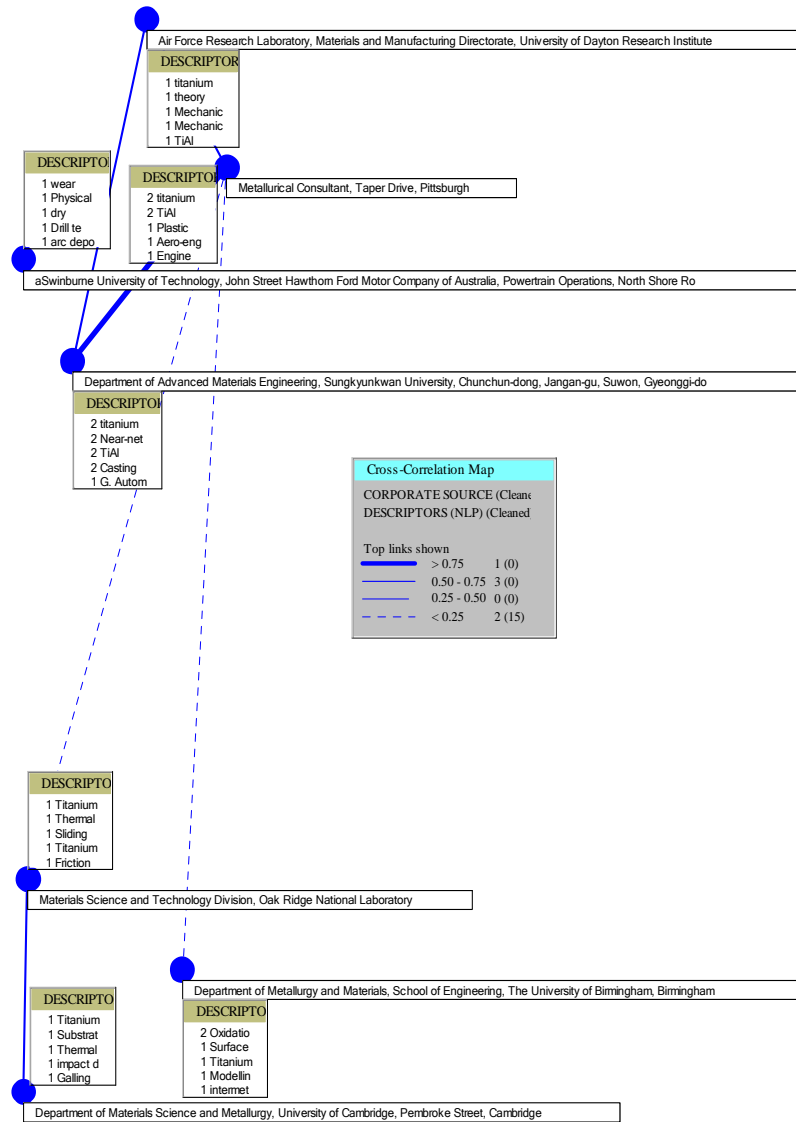
Lo anterior puede representar esfuerzos en investigación para dar nuevos usos al Titanio en el sector del automóvil. Otro ejemplo es Casting (línea 4 vertical) y Automotive Uses (línea 12 horizontal).

Figura 63. Mapa de cross-correlación entre autores y palabras clave



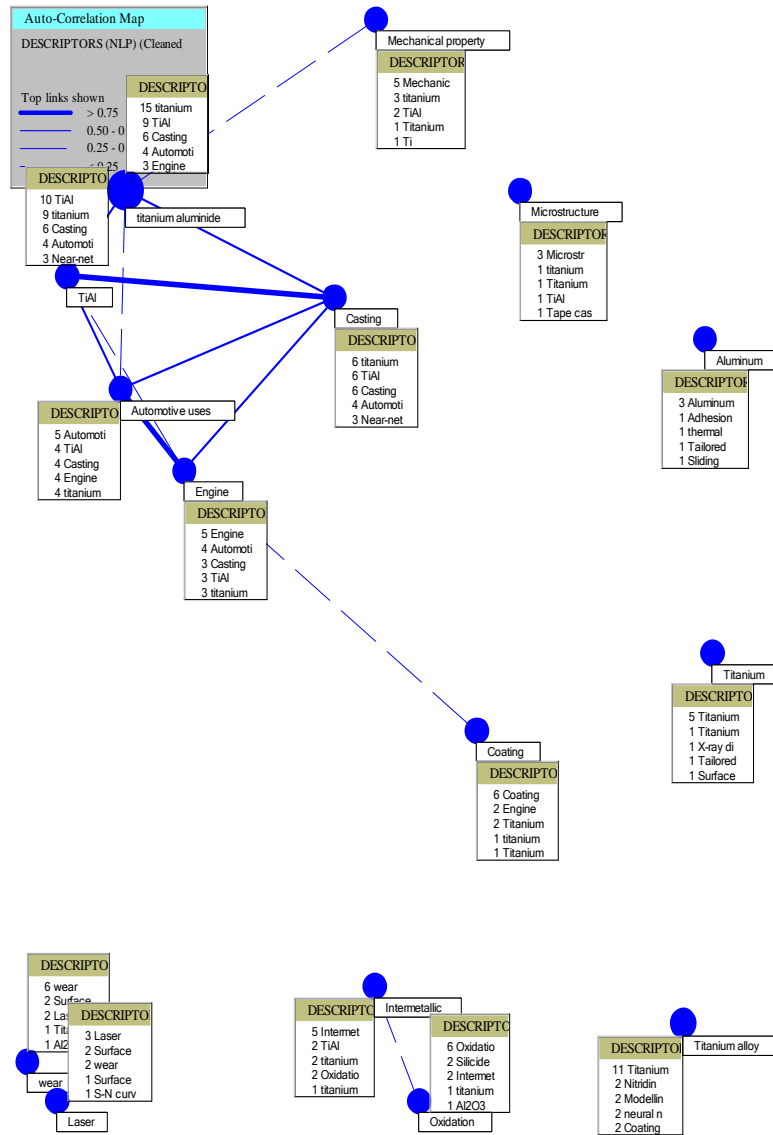
En el mapa de la figura 64 se muestran algunas de las temáticas que en común se encuentran investigando instituciones, como por ejemplo, el laboratorio de investigación de la fuerza aérea, la entidad Consultora Metalúrgica, la universidad tecnológica Swimbume y Ford Motor Company de Australia. Así como la anterior, también se da una importante coincidencia en los temas de estudios con el Departamento de ciencia de los materiales y metalurgia de la universidad de Cambridge y la división de ciencia y tecnología del Laboratorio nacional Ridge Oak, en aspectos como por ejemplo propiedades mecánicas, recubrimientos, plasticidad.

Figura 64. Mapa de cross-correlación entre organizaciones y palabras claves



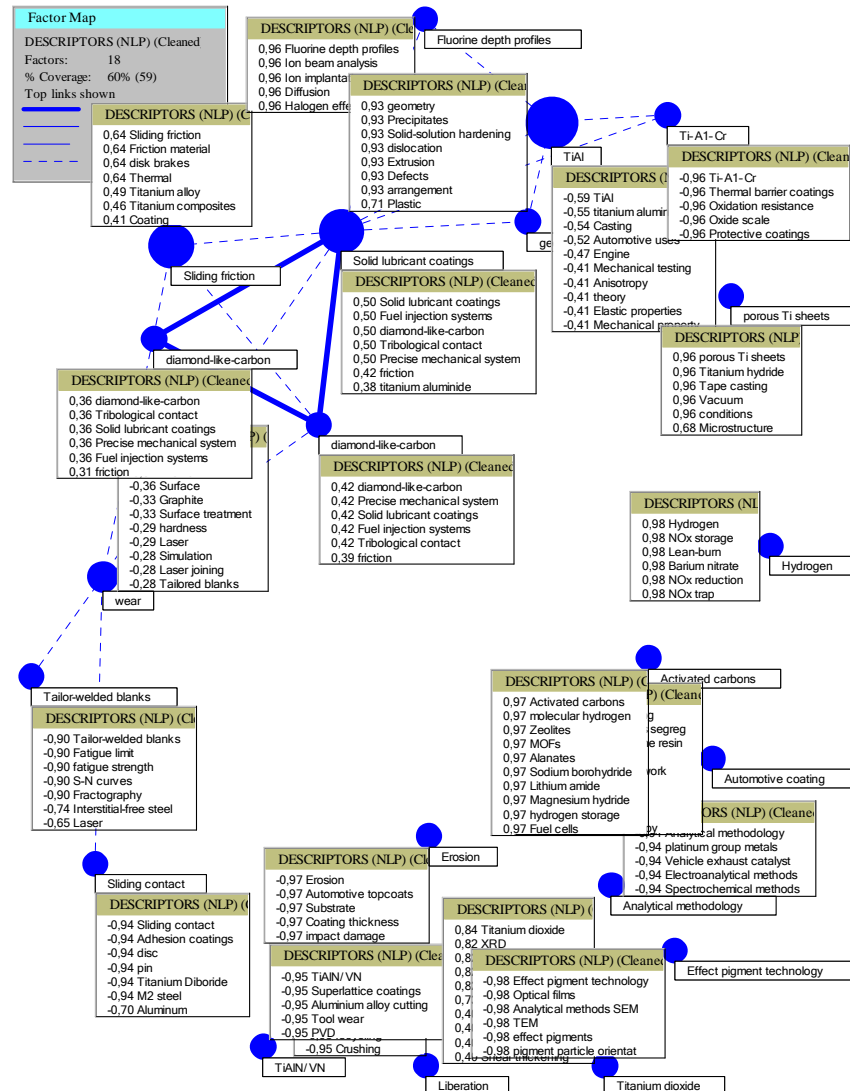
En el mapa de la figura 65 se muestra una importante asociación entre un grupo de términos, indicando que pueden aparecer en forma conjunta en investigaciones y sus respectivas publicaciones. Se tienen los descriptores, motores, usos del Titanio en automóviles, procesos de fabricación por fundición y propiedades mecánicas, entre otros.

Figura 65. Mapa de auto-correlación entre palabras claves referentes al material Titanio



El mapa de la figura No. 66 muestra una importante relación entre los términos asociados al Titanio como agente empleado en sistemas de lubricación, preparación de superficies y recubrimientos.

Figura 66. Mapa de factores correspondiente a términos o palabras claves



4.2 RESULTADOS DE LA BÚSQUEDA DE PATENTES

Se presentan los resultados de la búsqueda de patentes relacionadas con los materiales metálicos Aceros Avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio. Esta indagación se realizó utilizando la herramienta informática de búsqueda y análisis de bases de datos de patentes a nivel mundial, Delphion, comprendiendo la ventana de tiempo entre los años 2000 y junio de 2010, con búsqueda en las principales oficinas de patentes, como son la oficinas de marcas y patentes de Estados Unidos, de Japón, de Alemania, de Corea y de la Comunidad Europea.

Para obtener mejores resultados, de acuerdo con distintas ecuaciones de búsqueda ensayadas y la experiencia previa en la consulta de artículos científicos, fue conveniente dividir la familia de los aceros avanzados en los siguientes elementos: Aceros Trip, aceros Dual Phase, aceros Twip y realizar una consulta general con otro término igualmente muy utilizado en esta área del conocimiento como es el de aceros de alta resistencia (high strength steel).

Las ecuaciones de búsqueda en general fueron conformadas con los nombres de cada uno de estos materiales y el término Automotive y en algunos casos Vehicle (principalmente para los materiales Magnesio y Titanio).

Ecuación de búsqueda empleada para el material Aluminio, como ejemplo, ya que para los demás materiales fue similar:

```
((aluminium) AND (automotive) AND (vehicle)) AND (PD>=2000-01-01) AND (PD<=2000-08-20).
```

Como en el caso de los resultados obtenidos con el análisis de artículos científicos, con el estudio de las patentes, también se responde a los Factores Críticos de Vigilancia Tecnológica, principalmente los que tienen que ver con los materiales metálicos empleados en la fabricación de autopartes, investigadores destacados, países líderes en producción científica alrededor de este tema, instituciones y compañías relevantes en investigación y desarrollo tecnológico.

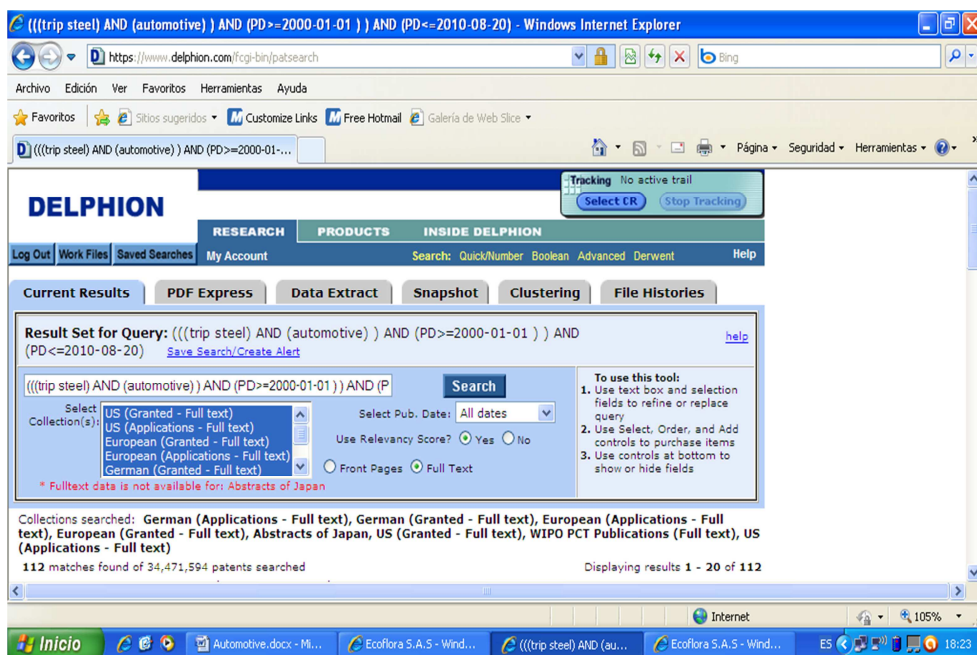
También es importante destacar la evolución desde el año 2000 y hasta junio de 2010 de la investigación relacionada con estas áreas del conocimiento y que al igual que en el caso del estudio de la publicación de artículos científicos, se observa un importante volumen de publicación en los últimos años, lo que demuestra la vigencia actual de esta temática.

Se presentan a continuación los resultados de la búsqueda y estudio de patentes para cada uno de los materiales metálicos de interés.

4.2.1 Resultados para el acero Trip

En la figura 67 se observan los resultados de la búsqueda conducida sobre el acero avanzado Trip, el cual de acuerdo con la información recopilada de los artículos científicos y otra información técnica reunida sobre materiales metálicos utilizados para fabricar autopartes, es uno de los más utilizados en este tipo de aplicaciones. En la ventana de tiempo analizada entre los años 2000 y 2010, se observa la publicación de 112 patentes relacionadas con el tema, utilizando la ecuación de búsqueda con los términos Trip Steel y Automotive, los cuales son los más comunes de aparición para hacer referencia a este tema.

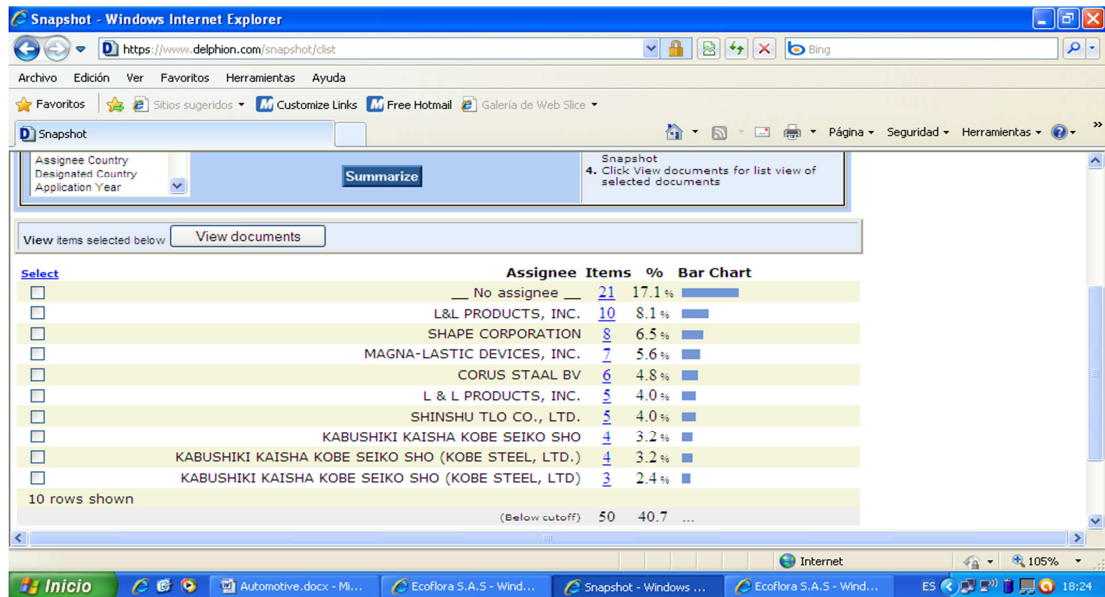
Figura 67. Resultados de la búsqueda del material acero avanzado Trip



En cuanto a las entidades o compañías que figuran como poseedoras de las patentes de productos fabricados con el acero avanzado Trip, en la figura 68 se encuentran principalmente L&L Products con 10 patentes publicadas, la cual es una importante empresa internacional que diseña y produce partes para las industrias automotriz y aeroespacial. Una de sus principales áreas de trabajo es el diseño y experimentación con sistemas estructurales para automóviles producidos en materiales avanzados para los vehículos, como por ejemplo, la carrocería, donde experimentan también con Aluminio y Magnesio [24].

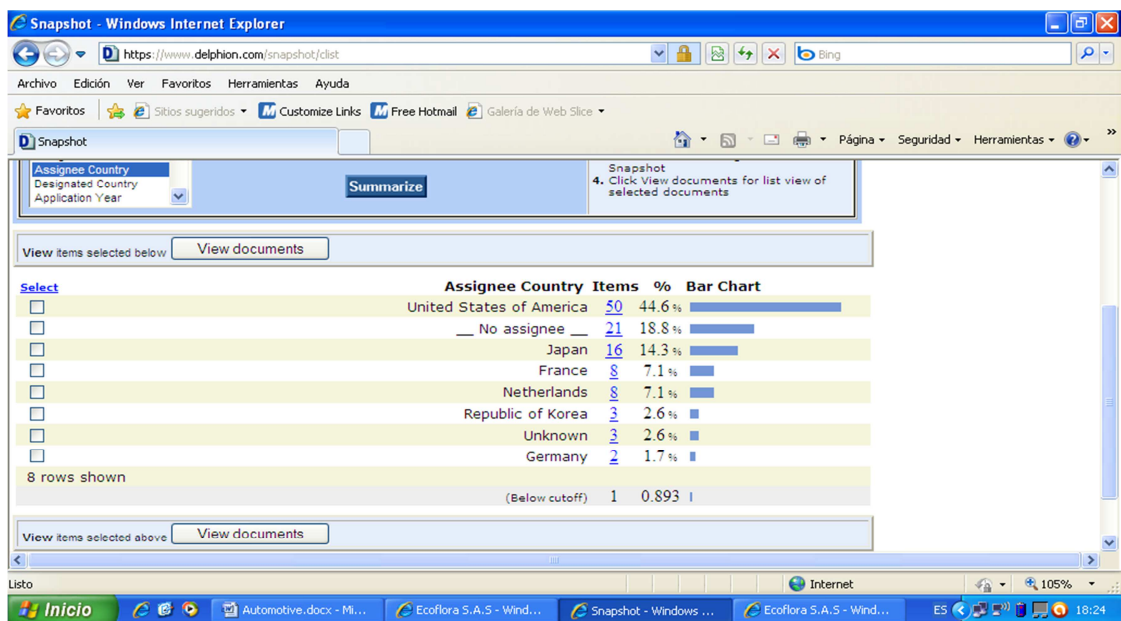
Otra importante entidad es Shape Corporation, que se muestra como poseedora de 8 patentes en este tema de fabricación de autopartes. Además también se presenta como el proveedor líder mundial de sistemas de parachoques al proporcionar un servicio integral en diseño, ingeniería, ensayo y fabricación de parachoques, con propuestas innovadoras en materiales, reducción de peso, formas y costos competitivos [25].

Figura 68. Asignación de patentes del acero Trip



En la figura 69 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo de autopartes fabricadas en el acero avanzado Trip, donde se destacan los Estados Unidos de América con 50 patentes asignadas, Japón con 16, Francia con 8 y Holanda igualmente con 8. Lo anterior también es consecuente con la idea de que estos países poseen una fuerte industria automotriz con amplia tradición.

Figura 69. Países de origen de las patentes de los aceros Trip



La figura 70 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo de partes para vehículos con el acero avanzado Trip. Se destacan con 8 patentes registradas Scott C. Glasgow, David W. Heatherington y Bruce W. Lyons; mientras los investigadores Hiroshi Akamizu, Yoichi Mukai y Koichi Sugimoto tienen asignadas 6 patentes en este tema cada una de estas personas.

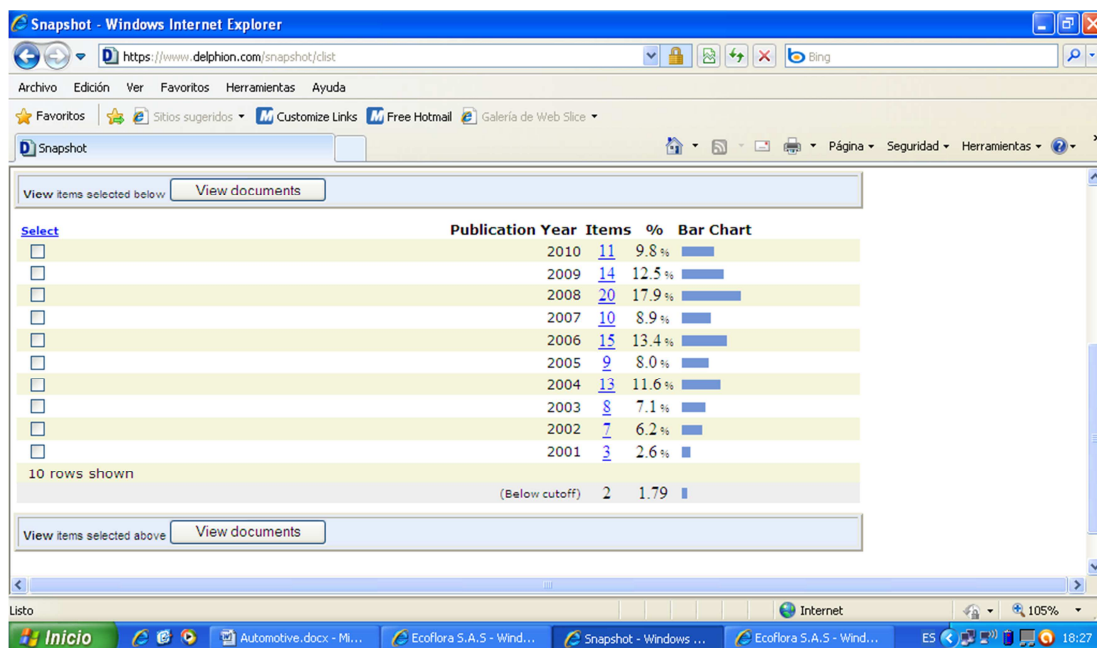
Figura 70. Listado de inventores de partes fabricadas con aceros Trip

Select	Inventor	Items	%	Bar Chart
<input type="checkbox"/>	GLASGOW; SCOTT C.	8	2.3 %	■
<input type="checkbox"/>	HEATHERINGTON; DAVID W.	8	2.3 %	■
<input type="checkbox"/>	LYONS; BRUCE W.	8	2.3 %	■
<input type="checkbox"/>	AKAMIZU; HIROSHI	6	1.7 %	■
<input type="checkbox"/>	MUKAI; YOICHI	6	1.7 %	■
<input type="checkbox"/>	SUGIMOTO; KOICHI	6	1.7 %	■
<input type="checkbox"/>	CZAPLICKI; MICHAEL J.	5	1.4 %	■
<input type="checkbox"/>	BRENNECKE, ERIC	4	1.1 %	■
<input type="checkbox"/>	GARSHELIS; IVAN J.	4	1.1 %	■
<input type="checkbox"/>	IKEDA; SHUSHI	4	1.1 %	■

10 rows shown
(Below cutoff) 283 82.7 ...

En cuanto a la distribución de las patentes por año, en la figura 71, se observa que en los últimos 5 años se publicaron 70 patentes, lo que corresponde al 62.5% de las patentes. Esto representa un resultado de gran importancia, porque se puede interpretar en el sentido de que la investigación y desarrollo tanto del material acero avanzado Trip, como de partes para automóviles fabricadas con este, continua con una importante vigencia en la actualidad, lo cual también es importante para proveedores nacionales de la industria automotriz, ya que, en un mercado globalizado como lo es particularmente el sector automotor, las empresas del país deben esforzarse por estar a la par con respecto a las compañías internacionales que atienden esta industria.

Figura 71. Distribución de los años de publicación de patentes de los aceros Trip

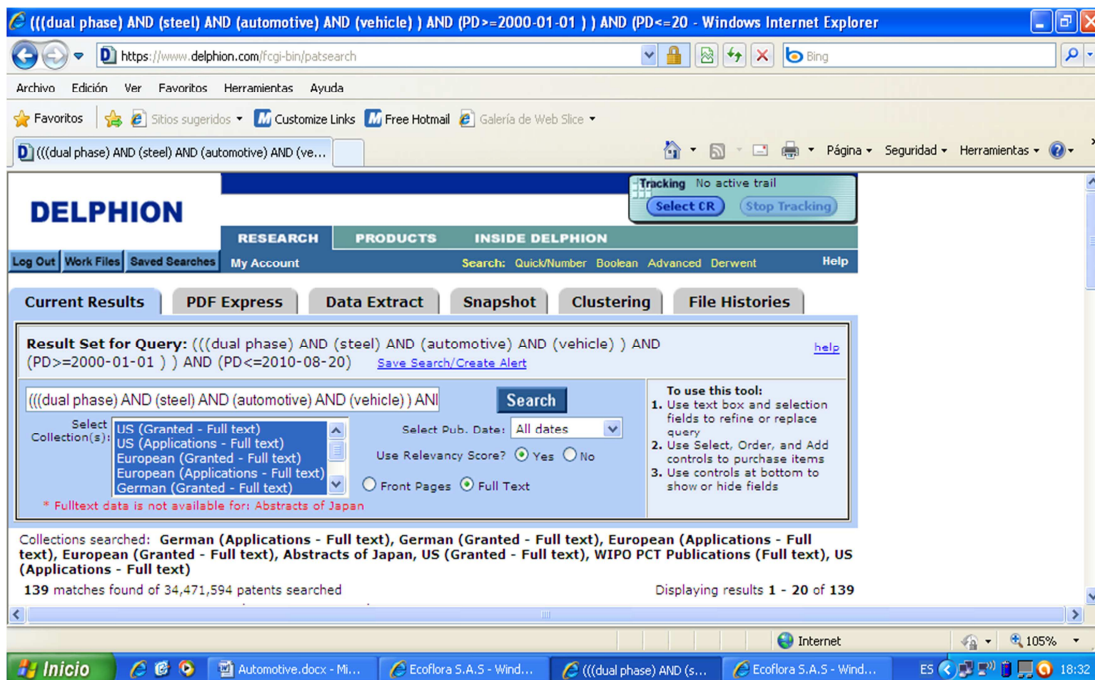


4.2.2 Resultados de la búsqueda del acero Dualphase

En la figura 72 se observan los resultados de la búsqueda conducida sobre el acero avanzado Dual Phase, el cual de acuerdo con la información recopilada de los artículos científicos y otra información técnica reunida sobre materiales metálicos utilizados para fabricar autopartes, es también uno de los más utilizados en este tipo de aplicaciones.

En la ventana de tiempo analizada entre los años 2000 y 2010, se observa la publicación de 139 patentes relacionadas con el tema, utilizando la ecuación de búsqueda con los términos Dual Phase Steel y Automotive, los cuales son los términos más comunes de aparición para hacer referencia a este tema.

Figura 72. Resultados de la búsqueda de aceros Dual Phase en las distintas bases de datos de patentes

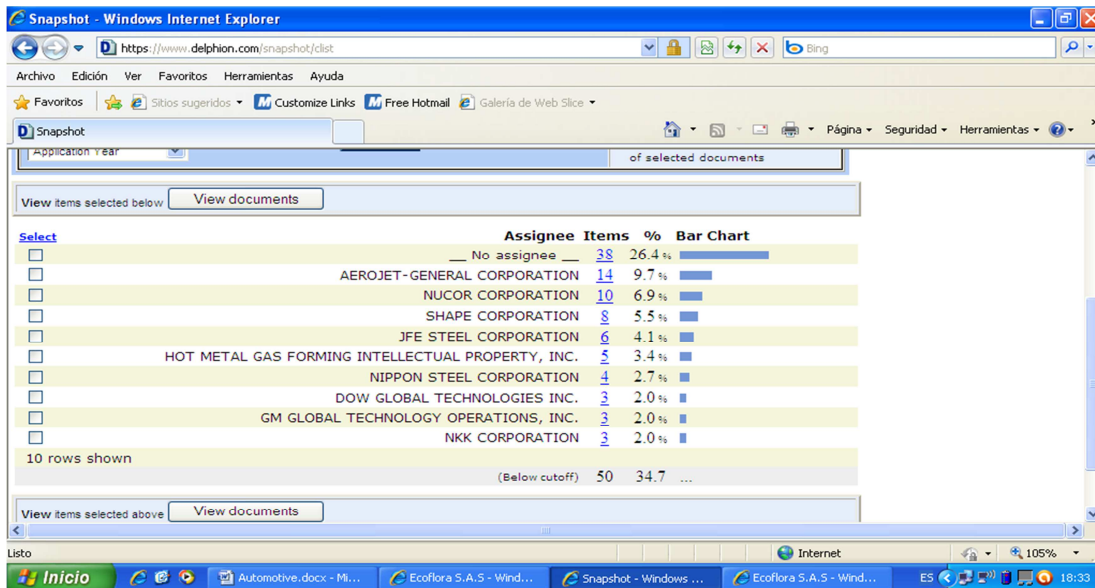


En cuanto a las entidades que figuran como poseedoras de las patentes de productos fabricados con el acero avanzado Dual Phase, en la figura 73 se encuentra la empresa Aerojet General Corporation con 14 patentes asignadas, la cual es una importante compañía estadounidense que diseña y produce partes, equipos y sistemas para las industrias aeroespacial, de defensa y automotriz. Algunas de sus principales áreas de trabajo son el diseño y experimentación con sistemas estructurales para automóviles producidos en materiales avanzados, entre los cuales se incluyen el Aluminio y el acero [26].

Otra importante organización es Nucor Corporation, que se muestra como poseedora de 10 patentes en este tema de fabricación de autopartes con el acero avanzado Dual Phase. Esta empresa es un importante fabricante de productos de acero en Norteamérica, como por ejemplo, barras, láminas, platinas y otras formas, todas ellas para aplicaciones estructurales y que son utilizadas en la fabricación de diversas partes para los autos [27].

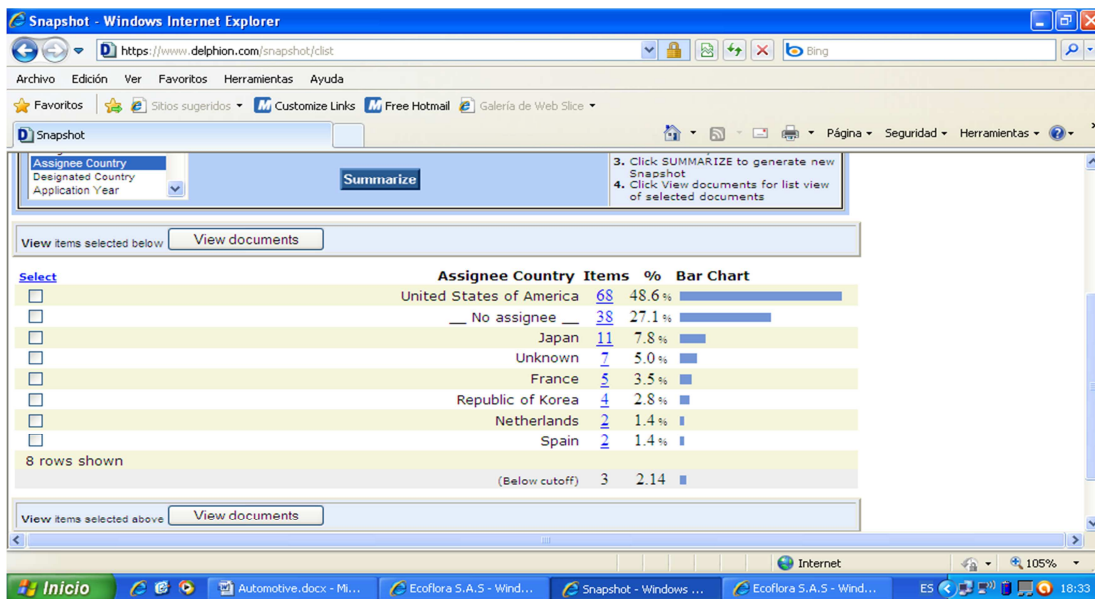
También aparece la empresa Shape Corporation con 8 patentes, de la cual se realizó una reseña en el punto anterior sobre el acero Trip.

Figura 73. Asignación de patentes sobre aceros Dual Phase a distintas entidades



En la figura 74 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo de autopartes fabricadas en el acero avanzado Dual Phase, donde se destacan los Estados Unidos de América con 68 patentes asignadas, Japón con 11, Francia con 5 y la república de Corea con 4. Lo anterior también es consecuente con la idea de que estos países poseen una fuerte industria automotriz, donde hacen presencia las grandes ensambladoras internacionales.

Figura 74. Países de origen de las patentes de los aceros Dual Phase



La figura 75 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo de partes para vehículos en el acero avanzado Dual Phase. Se destacan con 11 patentes registradas Thomas G. Archibald y Aslam A. Malik, con 10 Weiping Sun y con 8 patentes registradas cada uno Scott C. Glasgow, David W. Heatthrington y Bruce W. Lyons

Figura 75. Listado de inventores de productos fabricados con aceros Dual Phase

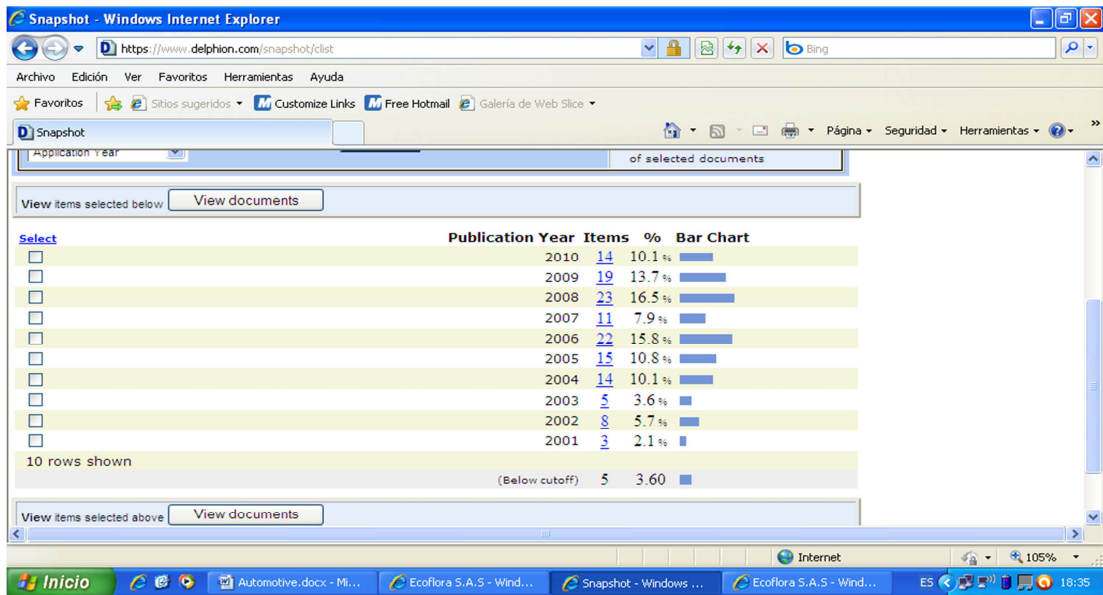
Select	Inventor	Items	%	Bar Chart
<input type="checkbox"/>	ARCHIBALD; THOMAS G.	11	2.5%	■
<input type="checkbox"/>	MALIK; ASLAM A.	11	2.5%	■
<input type="checkbox"/>	SUN; WEIPING	10	2.3%	■
<input type="checkbox"/>	GLASGOW; SCOTT C.	8	1.8%	■
<input type="checkbox"/>	HEATHERINGTON; DAVID W.	8	1.8%	■
<input type="checkbox"/>	LYONS; BRUCE W.	8	1.8%	■
<input type="checkbox"/>	CARLSON; ROLAND P.	6	1.4%	■
<input type="checkbox"/>	INAZUMI, TORU	6	1.4%	■
<input type="checkbox"/>	KRESGE; EDWARD N.	6	1.4%	■
<input type="checkbox"/>	WYNNE; KENNETH J.	6	1.4%	■

10 rows shown
(Below cutoff) 349 1.4 %

En cuanto a la distribución de las patentes por año, en la figura 76, se observa que desde el 2004 se dio un importante crecimiento sostenido de la publicación de patentes referentes al material metálico Dual Phase y con relación también a partes para vehículos producidas con este. Se presenta igualmente un importante pico de publicaciones de patentes en el año 2008 con 23. En total, para los resultados obtenidos con los descriptores utilizados y en la ventana de tiempo tomada, se encontró que desde el año 2004 hasta el 2010, se han publicado 118 patentes, correspondientes al 85% de lo mostrado en este periodo de tiempo.

Igualmente importante, como en el caso del acero Trip, en los últimos años se presentan importantes resultados de crecimiento en la investigación y desarrollo de este material, lo que significa que este tema se encuentra vigente y con todavía un amplio margen de trabajo.

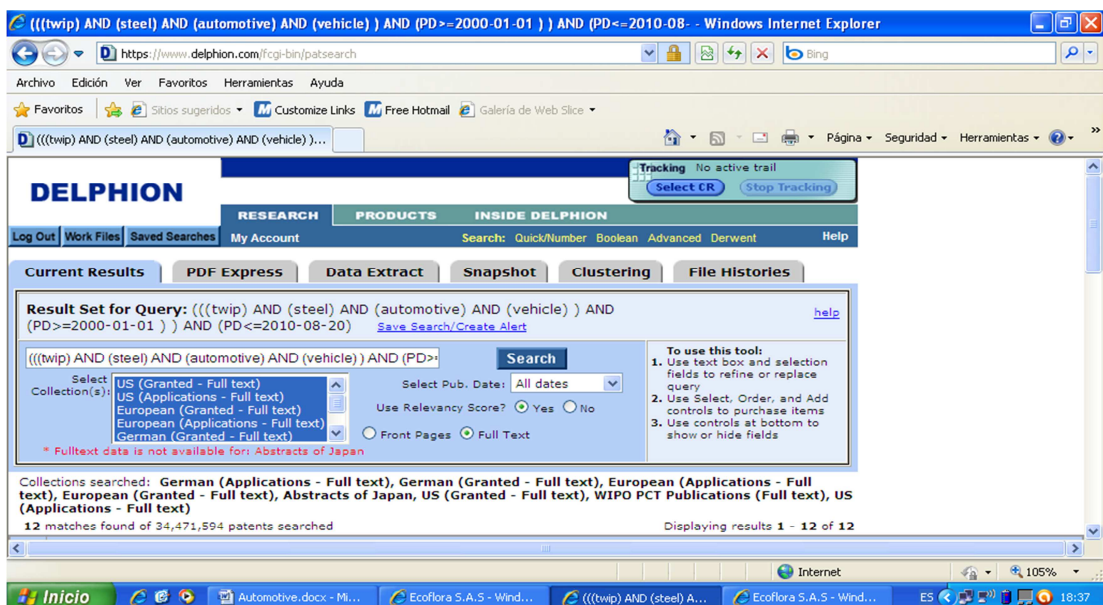
Figura 76. Distribución por año de las patentes de los aceros Dual Phase



4.2.3 Resultados de la consulta sobre el acero TWIP STEEL

En la figura 77 se tienen los resultados de la búsqueda conducida sobre el acero avanzado Twip. En la ventana de tiempo analizada entre los años 2000 y 2010, se observa la publicación de 12 patentes relacionadas con el tema, utilizando la ecuación de búsqueda con los términos Twip Steel y Automotive.

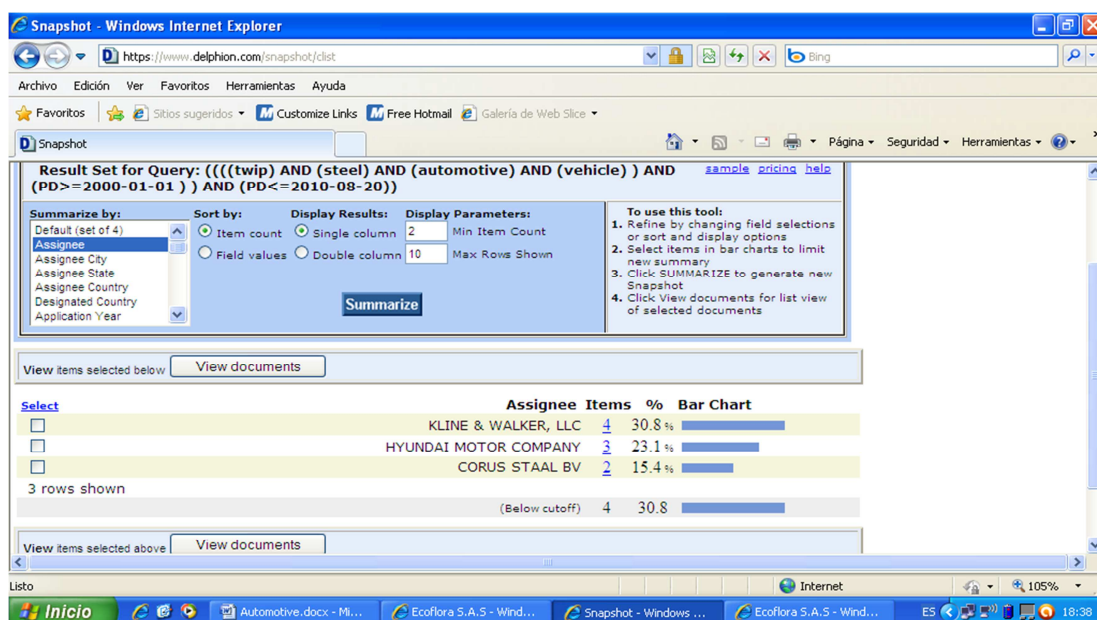
Figura 77. Resultados de la búsqueda de patentes sobre aceros Twip



En cuanto a las entidades o compañías que figuran como poseedoras de las patentes de productos fabricados con el acero avanzado Twip, en la figura 78 se encuentran principalmente Kline & Walker, LLC con 4 patentes asignadas. Esta empresa desarrolla equipos para el manejo de materiales, sistemas de automatización de procesos industriales y trabaja igualmente el tema de materiales para la industria automotriz [28].

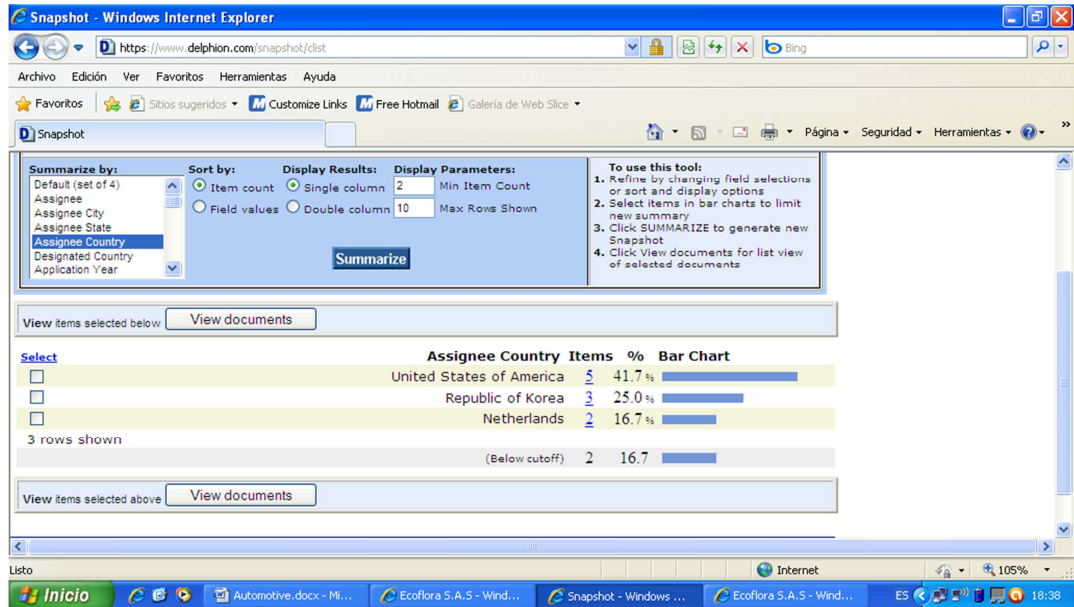
También aparece la compañía coreana Hyundai Motor Company, la cual es un conglomerado de empresas que abarca desde la ensambladora de vehículos de esta misma marca, hasta proveedoras de partes para sus propias ensambladoras en muchos países del mundo [29].

Figura 78. Listado de entidades con asignación de patentes sobre aceros Twip



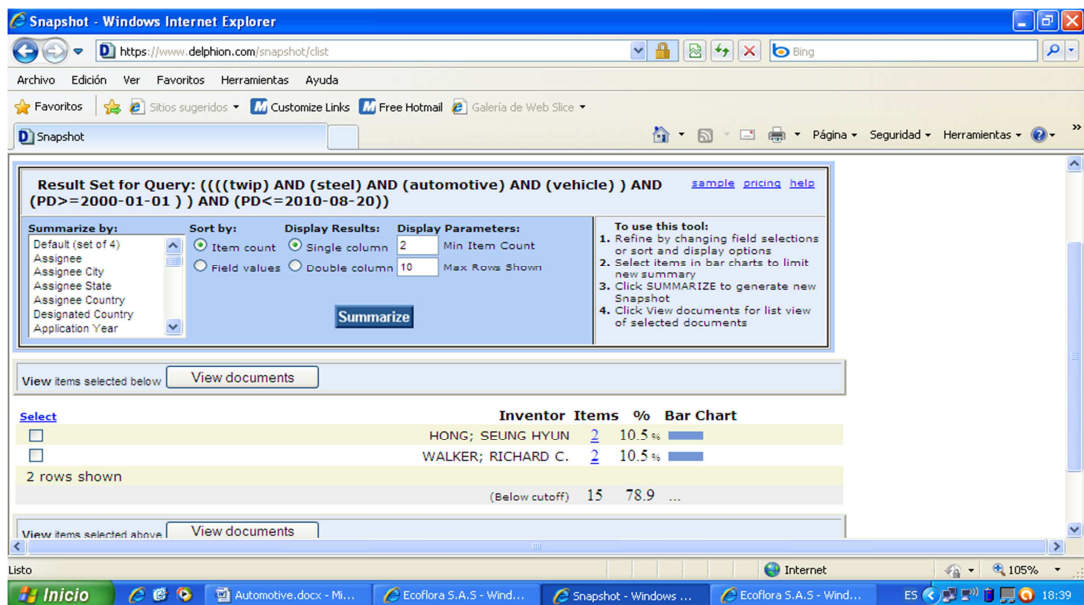
En la figura 79 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo de autopartes fabricadas en el acero avanzado Twip, donde se destacan los Estados Unidos de América con 5 patentes asignadas, Corea con 3 y Holanda con 2.

Figura 79. Países de origen de las patentes sobre productos de acero Twip



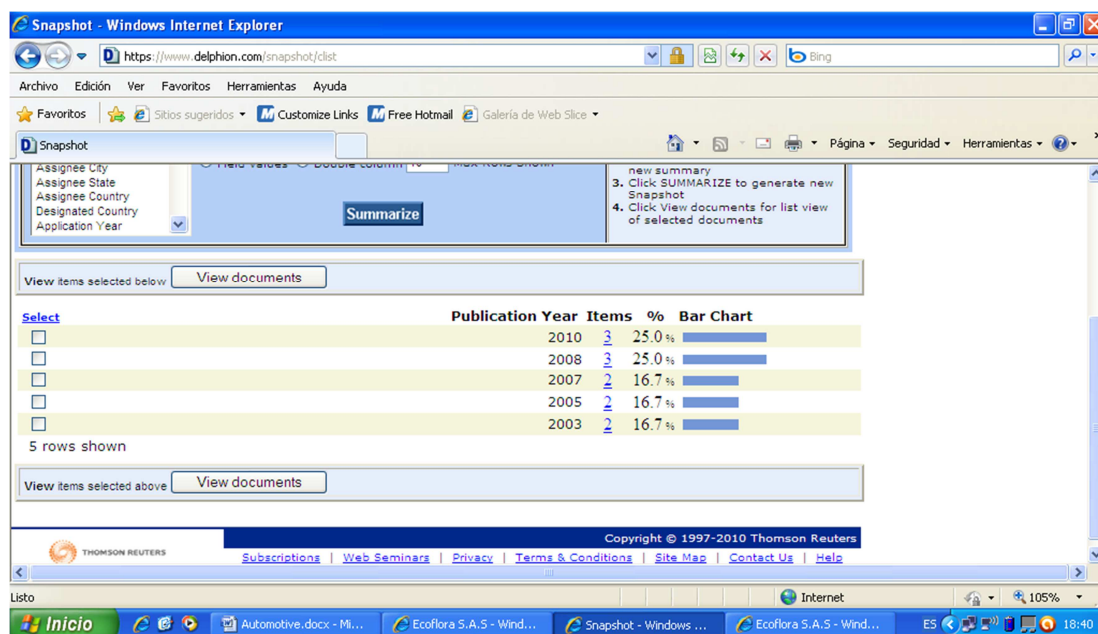
La figura 80 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo de partes para vehículos con el acero avanzado Twip. Se encuentran con 2 patentes registradas Seung Hyun y Richard C. Walker.

Figura 80. Inventores con asignación de patentes de aceros Twip



En cuanto a la distribución de las patentes por año, en la figura 81 se tienen 3 patentes para el 2010 e igual número para el 2008.

Figura 81. Distribución por años de publicación de las patentes sobre productos fabricados con aceros Twip



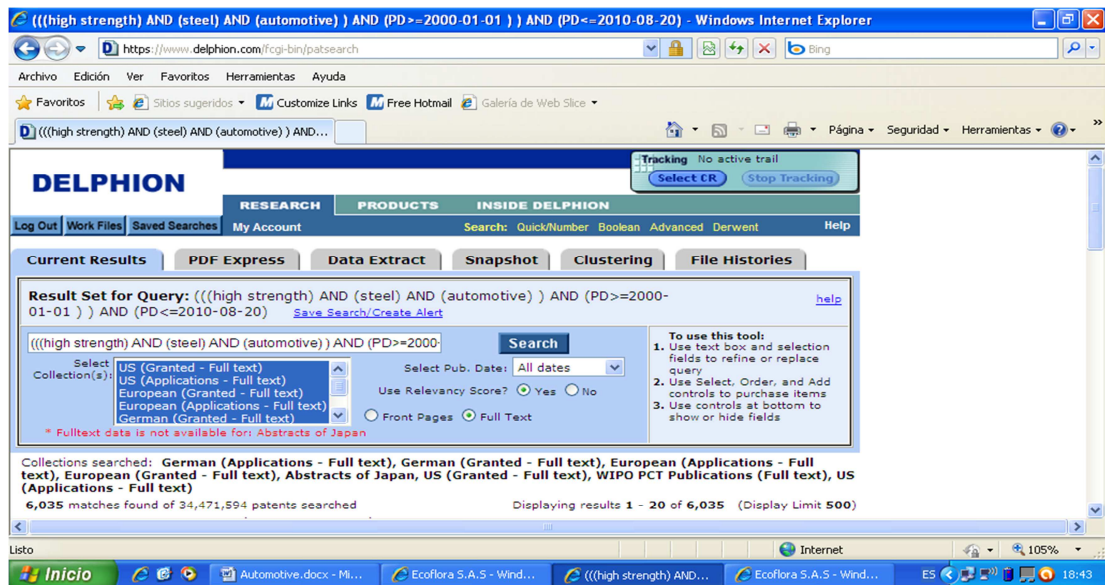
4.2.4 Resultados para la búsqueda de High Strength Steel (Aceros de alta resistencia)

Los aceros avanzados denominados bajo la familia High Strength Steel (Aceros de alta resistencia), engloban varias denominaciones, entre las cuales se encuentran los aceros vistos hasta ahora como son los Trip, Dual Phase y Twip y otras denominaciones de materiales que han sido desarrollados para aplicaciones diversas, donde se incluyen también la fabricación de partes para vehículos.

Como se ha tratado de una evolución permanente en el desarrollo de este tipo de materiales para su utilización en condiciones de altas exigencias de resistencia mecánica, como por ejemplo, en la fabricación de partes estructurales de las carrocerías de los vehículos por cuestiones de seguridad, es importante realizar una indagación general sobre las patentes registradas para esta familia de aceros que si bien tienen aplicaciones en otros campos industriales diferentes al automotor, con la introducción del término “automotive” en la ecuación de búsqueda, circunscribimos ésta a las partes para vehículos fabricadas con estos materiales.

En la figura 82 se observan los resultados de la búsqueda conducida sobre la familia de aceros avanzados que se denomina High Strength Steel (Aceros de alta resistencia). En la ventana de tiempo analizada entre los años 2000 y 2010, se observa la publicación de 6.035 patentes relacionadas con estos aceros.

Figura 82. Resultados de la búsqueda de aceros de alta resistencia utilizados en vehículos automotores



En cuanto a las entidades o compañías que figuran como poseedoras de patentes publicadas de productos fabricados con aceros avanzados de alta resistencia, en la figura 83 se encuentran algunas empresas de sectores industriales diferentes como son las empresas fabricantes de productos petroquímicos, lubricantes y combustibles, como es el caso de la compañía Shell y otras productoras de materiales poliméricos como es Dow Global Technologies, la cual es subsidiaria de Dow. En la situación de la primera, la relación se da principalmente por las investigaciones en lubricantes para componentes donde son utilizados los aceros avanzados de alta resistencia, como por ejemplo, los lubricantes requeridos para los procesos de conformado de lámina de este tipo de material, porque dada su alta resistencia mecánica, las condiciones de fabricación en estos procesos de conformado, como la embutición por ejemplo, requiere de condiciones especiales de lubricación de las matrices o herramientas de estampado para asegurar cierta vida útil o condiciones de calidad de las partes fabricadas [30].

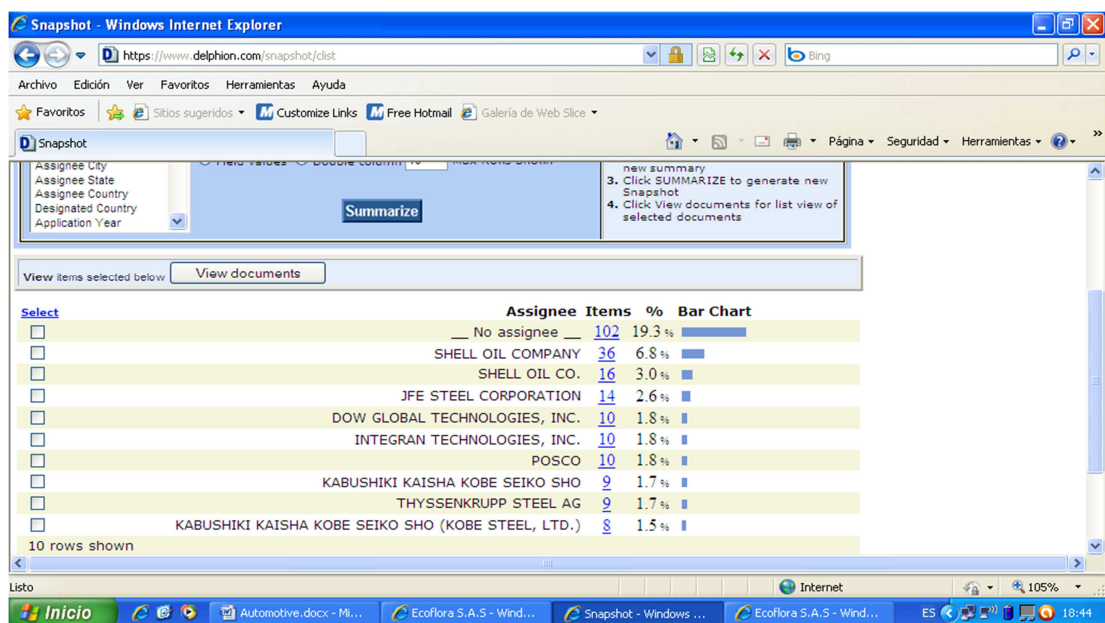
En el caso de Dow, esta empresa investiga la utilización de productos poliméricos para ser empleados en la formación de materiales compuestos que también pueden estar formados por este tipo de aceros, así como en sistemas de recubrimientos sobre partes metálicas como las láminas de los autos fabricadas en aceros de esta clase [31].

Por otro lado se encuentran las empresas como JFE Steel Corporation que producen aceros especiales en diversas formas, especialmente láminas, para diversos sectores industriales, incluido el automotor. Esta empresa registra 14 patentes de aceros avanzados de alta resistencia [32].

También se encuentran las compañías Integran y Posco poseedoras de 10 patentes cada una de ellas. La primera es una importante organización que conduce investigaciones avanzadas en el campo de los materiales avanzados, como los compuestos y las súper aleaciones metálicas, incluyendo las de aceros avanzados. Desarrolla procesos para el cambio de las propiedades de estos materiales, como por ejemplo, el mejoramiento de la resistencia a la corrosión, resistencia a la fatiga, resistencia mecánica, entre otras importantes propiedades de estos materiales [33]. En el caso de Posco, esta posee 10 patentes publicadas, la cual es una importante siderúrgica coreana que produce aceros avanzados de alta resistencia para aplicaciones automotrices [34].

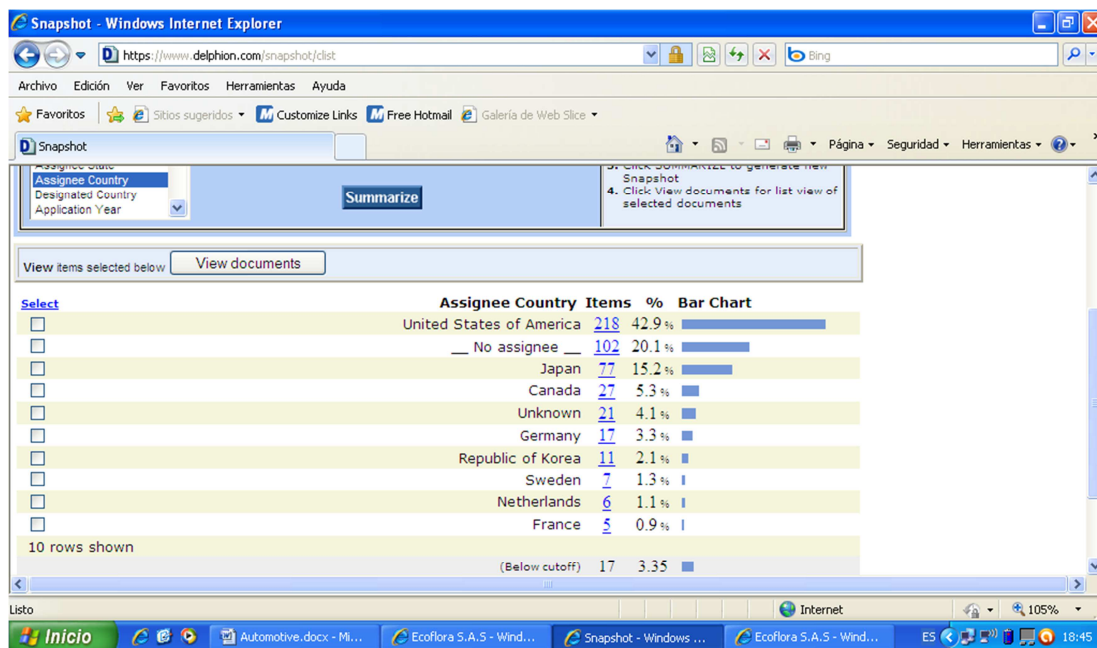
Kobe Steel con 17 patentes es una empresa japonesa reconocida mundialmente por la calidad de sus productos de acero, uno de los cuales, son aceros avanzados de alta resistencia para aplicaciones automotrices, donde ofrecen diferentes formas, como por ejemplo, láminas, barras y alambres. También producen Titanio, Aluminio y materiales de soldadura para diferentes aplicaciones, incluidas aquellas para automóviles [35]. Thyssenkrupp AG con 9 patentes es una empresa alemana conocida en Colombia por ser proveedora de aceros especiales para diversos sectores industriales.

Figura 83. Entidades de asignación de las patentes de aceros de alta resistencia



En la figura 84 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo de materiales y autopartes fabricadas en aceros avanzados de alta resistencia, donde se destacan los Estados Unidos de América con 218 patentes asignadas, Japón con 77, Canadá con 27, Alemania con 17 y Corea con 11.

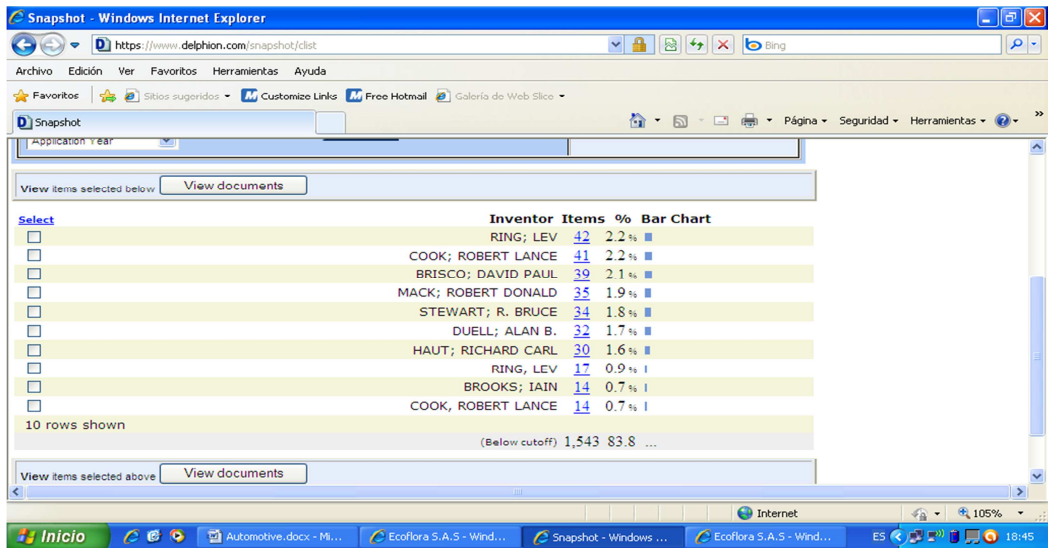
Figura 84. Países de origen de las patentes de productos para el sector automotor fabricadas en aceros de alta resistencia



La figura 85 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo de aceros avanzados de alta resistencia y principalmente en relación con partes para vehículos.

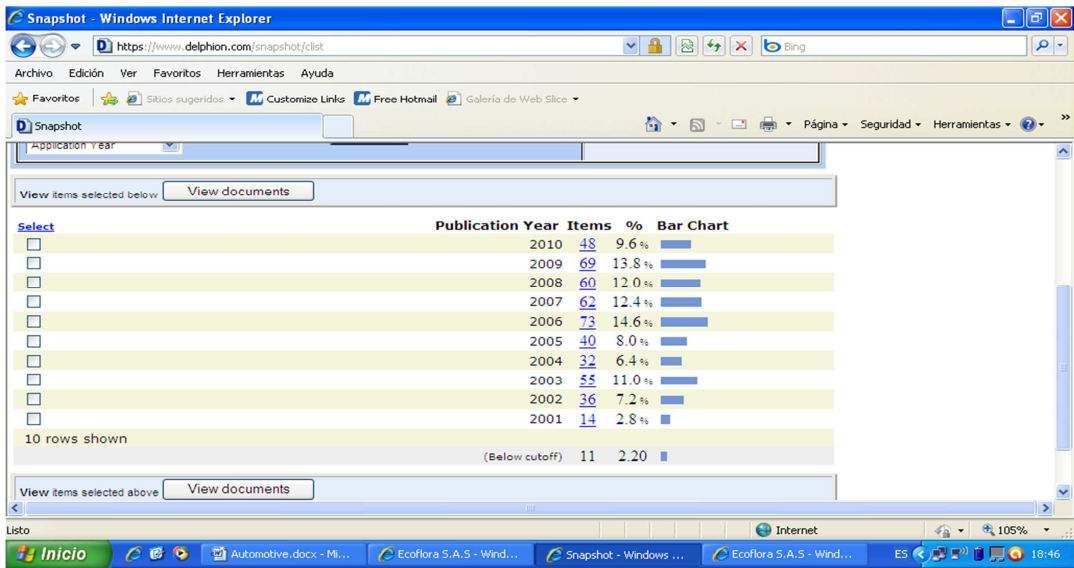
Se destacan con 42 patentes registradas Lev Ring, con 41 Robert Lance Cook, con 39 patentes registradas Paul David Brisco, con 35 Robert Donald Mack y con 34 Bruce R. Stewart, por mencionar los primeros del listado.

Figura 85. Listado de inventores de productos fabricados en aceros de alta resistencia



En cuanto a la distribución de las patentes por año, en la figura 86 se observa que desde el 2001 se dio un importante crecimiento sostenido de la publicación de patentes referentes aceros avanzados de alta resistencia. Se observa igualmente un importante pico de publicaciones de patentes en el año 2009 con 69. Mientras que a agosto de 2010 se contaban ya 48. Lo anterior es también importante porque en los últimos años se presentan importantes resultados de crecimiento en la investigación y desarrollo de estos materiales, lo que significa que este tema se encuentra vigente y con todavía un amplio margen de trabajo.

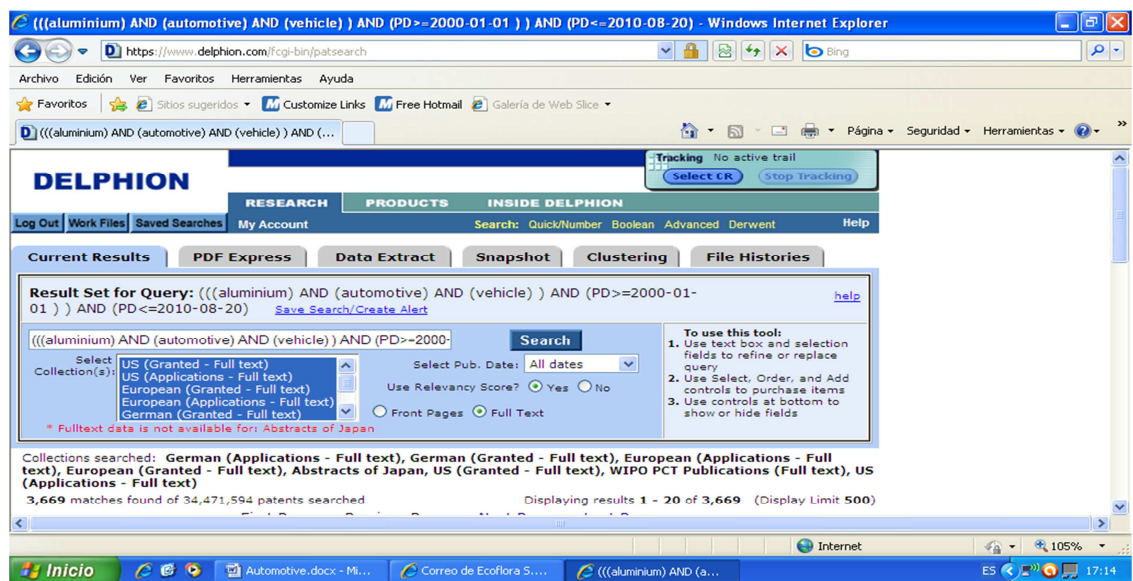
Figura 86. Años de publicación de patentes de productos de aceros avanzados



4.2.5 Resultados de la búsqueda de patentes para el material Aluminio

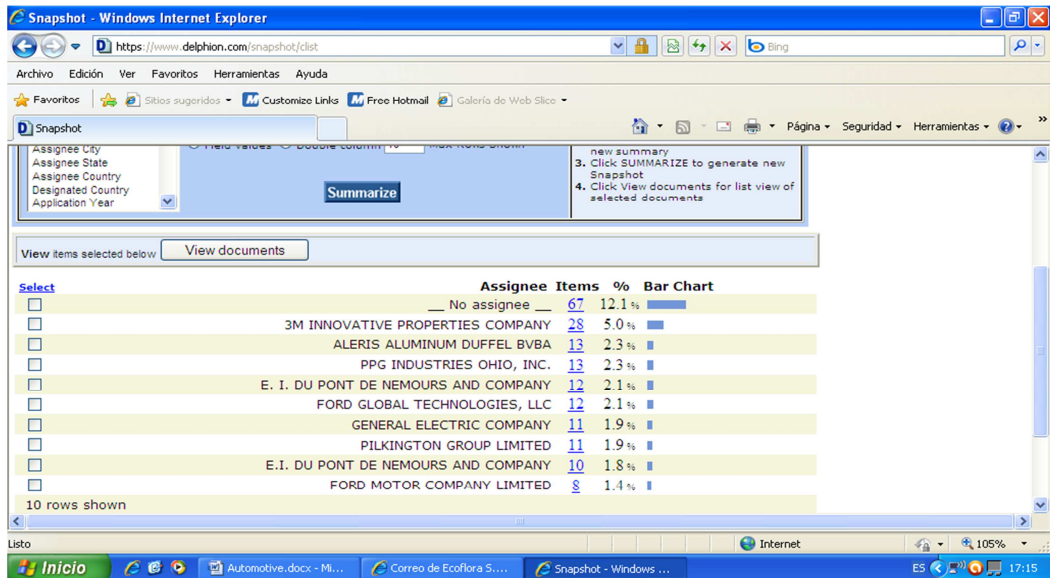
En la figura 87 se observan los resultados de la búsqueda conducida sobre el material Aluminio, donde en la ventana de tiempo analizada entre los años 2000 y 2010, se cuenta la publicación de 3.669 patentes relacionadas con aplicaciones automotrices, utilizando la ecuación de búsqueda con los términos Aluminium y Automotive.

Figura 87. Resultados de la búsqueda del material Aluminio utilizado en vehículos automotores



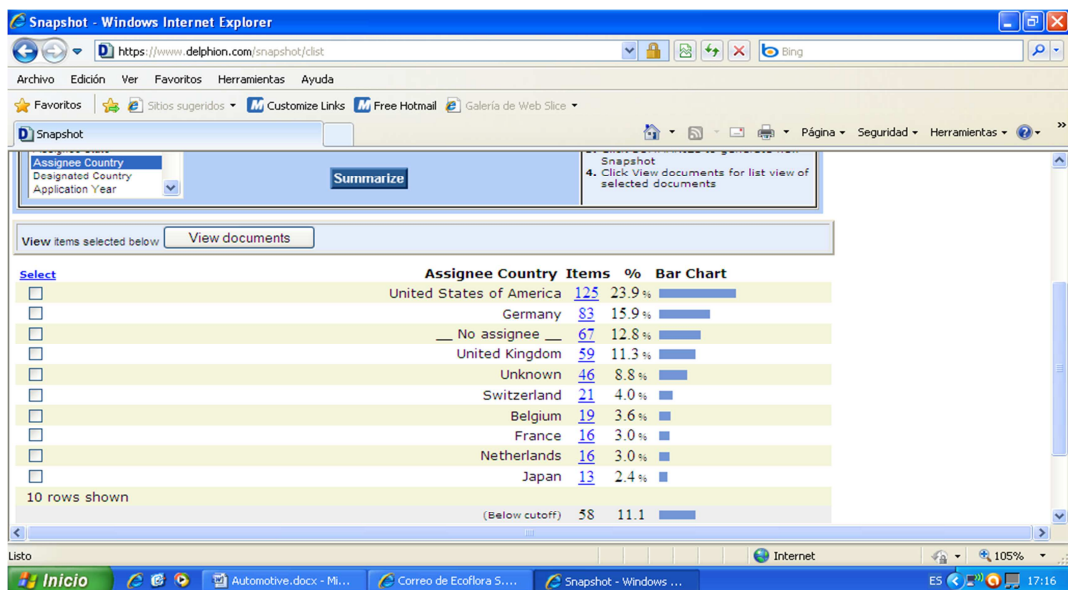
En cuanto a las entidades o compañías que figuran como poseedoras de las patentes de productos fabricados con Aluminio, en la figura 88 se observan 3M Company con 28 patentes asignadas, la cual es una importante empresa estadounidense que con respecto al material Aluminio, diseña y produce partes para autos como por ejemplo, accesorios para los tapizados y componentes interiores, sistemas de lámparas, partes para la carrocería y para los sistemas de transmisión, entre otros componentes de un auto [36]. Otra importante empresa relacionada con este campo es Aleris Aluminum Duffel, que aparece con 13 patentes. Es una importante empresa estadounidense que recicla Aluminio y Magnesio y produce piezas para diversos sectores industriales. En el campo del sector automotor, fabrica principalmente láminas, barras y tubos [37]. Otra institución que vale la pena mencionar es Ford Global Technologies, que aparece como la poseedora de 12 patentes. Esta corresponde a un centro de investigación creado por la ensambladora Ford Motor Company para ejecutar investigaciones en diversos campos de la producción de vehículos, como son el desarrollo de nuevos materiales, el diseño de los autos y sus componentes, el desempeño de estos, entre muchas otras líneas de trabajo [38].

Figura 88. Asignación de patentes a entidades que trabajan el tema de producción de partes para vehículos en Aluminio



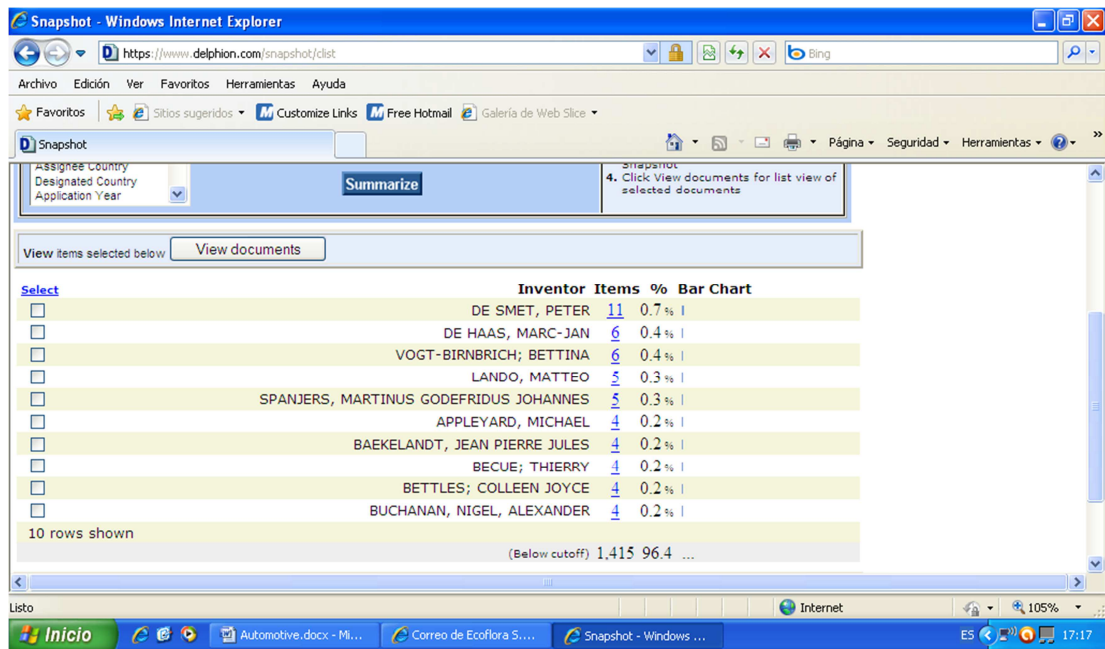
En la figura 89 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo del material Aluminio y autopartes fabricadas con este, donde se destacan los Estados Unidos de América con 125 patentes asignadas, Alemania con 83, el reino Unido con 59, suiza con 21, entre otras naciones. Lo anterior también es consecuente con la idea de que estos países poseen una fuerte industria automotriz, donde hacen presencia las grandes ensambladoras.

Figura 89. Principales países de origen de las patentes de Aluminio en el sector automotor



La figura 90 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo del material Aluminio y de partes para vehículos producidas en este material. Se destacan con 11 patentes registradas Peter De Smet, Jan-Marc de Hass y Bettina y Vogt con 6 cada uno, mientras Matteo Lando y Martinus y Spanjers con 5 patentes en este campo.

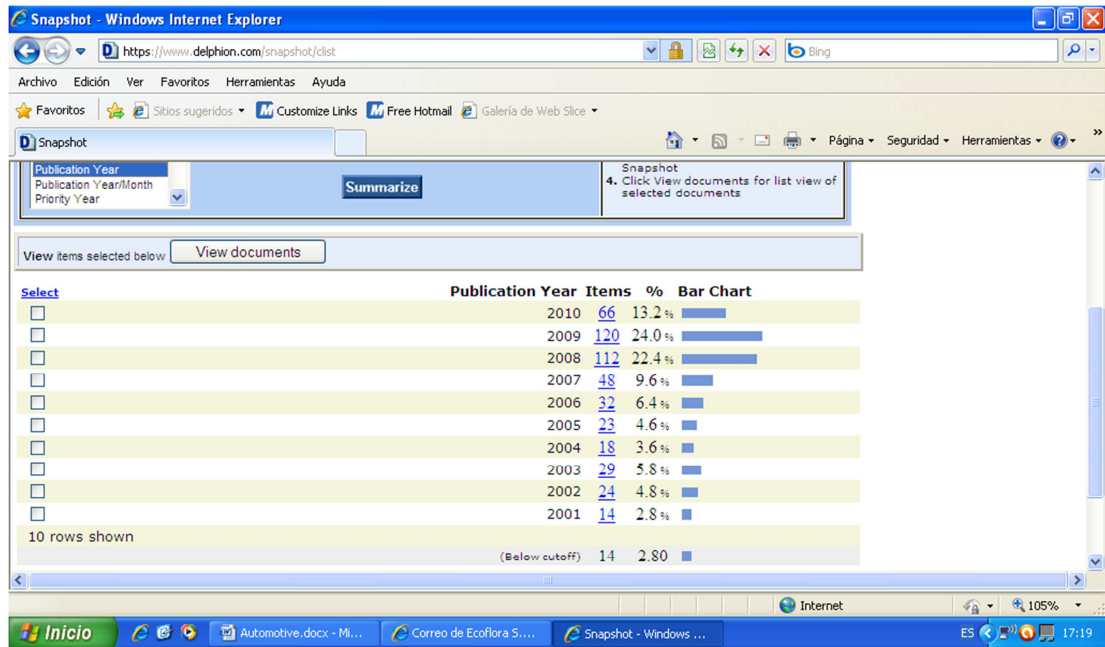
Figura 90. Listado de inventores de productos de Aluminio



En cuanto a la distribución de las patentes por año, en la figura 91, se observa que en los últimos tres años (2008, 2009 y lo corrido del 2010) se han patentado cerca del 60% de los productos (298 patentes), con un importante pico en el año 2009 con 120 patentes publicadas.

Lo anterior conduce a pensar que en los últimos años se presentan importantes resultados de crecimiento en la investigación y desarrollo con este material, lo que significa que este tema se encuentra vigente y con todavía un amplio margen de desarrollo.

Figura 91. Distribución de la publicación por años de patentes de productos de Aluminio para el sector automotor

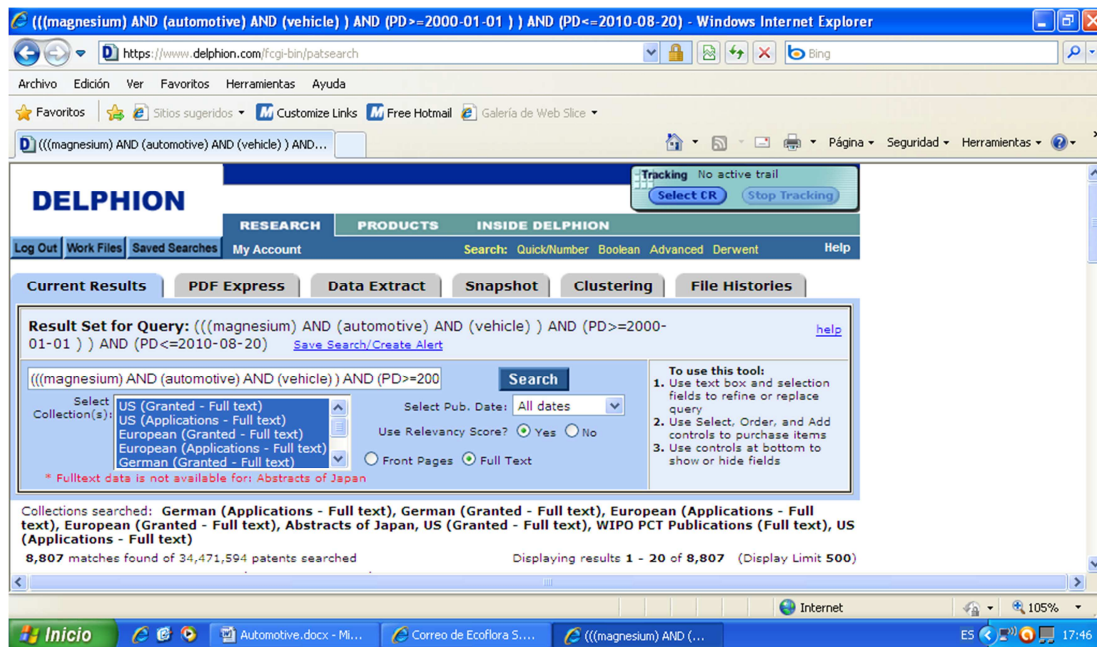


4.2.6 Resultados de la búsqueda de patentes relacionadas con el Magnesio o insumos de este elemento para producir partes para automóviles

En la figura 92 se observan los resultados de la búsqueda conducida sobre el material Magnesio. En la ventana de tiempo analizada entre los años 2000 y 2010, se encontró la publicación de 8.807 patentes relacionadas con el tema, utilizando la ecuación de búsqueda con los términos Magnesium, y Automotive y Vehicle, los cuales son los términos más comunes de aparición para hacer referencia a este tema.

Es importante destacar que el alto número de patentes publicadas, relacionadas con esta temática, puede indicar un importante esfuerzo en el desarrollo de más partes fabricadas en Magnesio para ser incorporadas a los automóviles, dadas sus importantes ventajas como la reducción de peso y en sistemas de recubrimientos, por ejemplo.

Figura 92. Resultados de la búsqueda de patentes de productos de Magnesio para la fabricación de autopartes



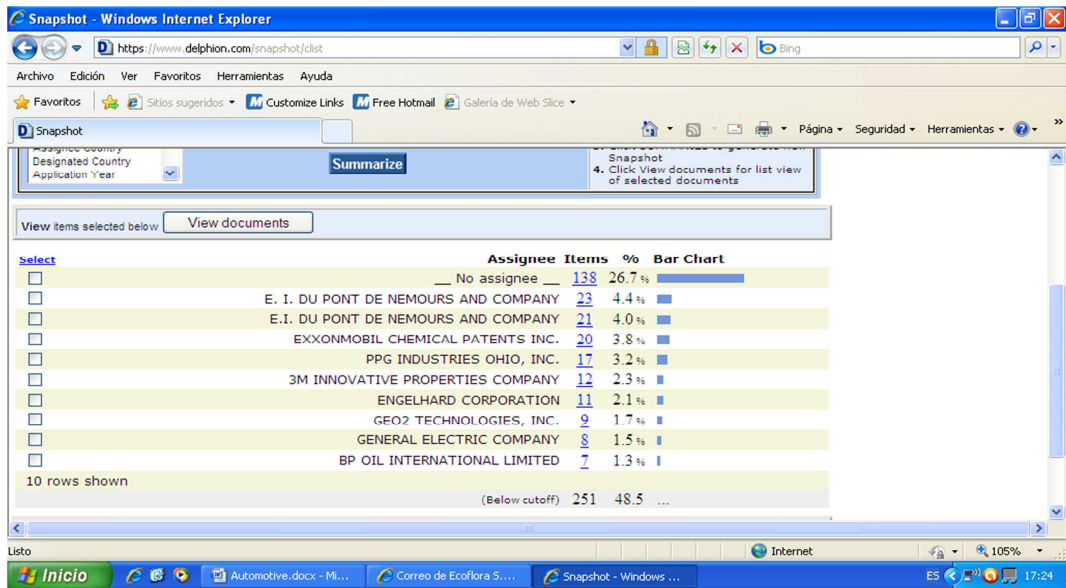
En cuanto a las entidades o compañías que figuran como poseedoras de patentes de productos fabricados en Magnesio, en la figura 93 se encuentran principalmente E.I. du Pont de Nemours con 44 patentes publicadas, la cual es una importante empresa estadounidense que posee un amplio portafolio de productos para diversos sectores.

Para el caso de la industria automotriz, provee importantes desarrollos en materiales y recubrimientos como pinturas o insumos para estas, así como materiales compuestos [39].

También figuran 3M que se reseñó anteriormente y empresas productoras de derivados de petróleo y combustibles como Exxon, pinturas como PPG.

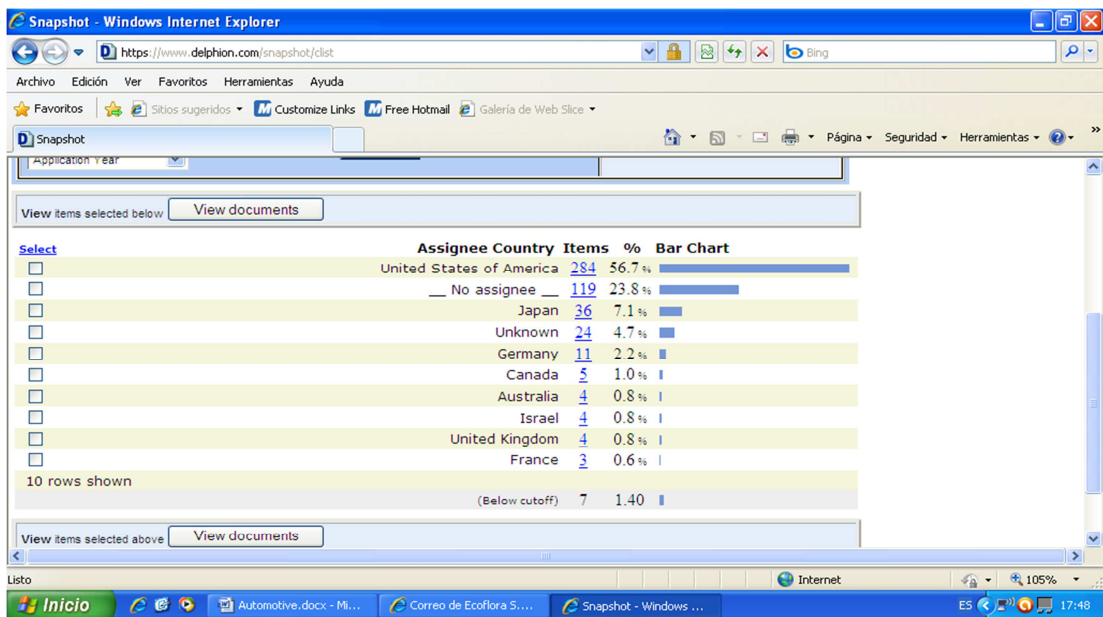
En general se muestra una cierta actividad investigativa principalmente asociada con empresas que normalmente se han conocido por ser del ramo de la química y en este caso el Magnesio también se asocia con la fabricación de elementos como recubrimientos y componentes eléctricos y electrónicos de los autos, como las baterías por ejemplo, así como en sistemas catalíticos.

Figura 93. Asignación de patentes de Magnesio a distintas entidades



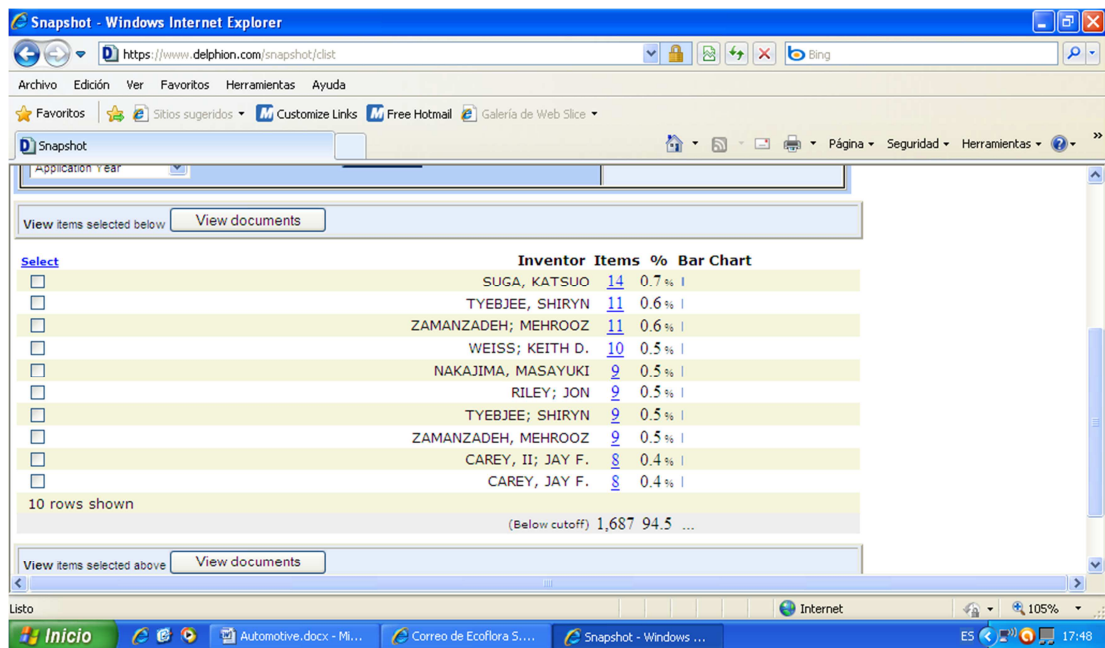
En la figura 94 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo de autopartes o insumos para la industria automotriz con contenido de Magnesio, donde se destacan los Estados Unidos de América con 284 patentes publicadas, Japón con 36, Alemania con 11 y Canadá con 5.

Figura 94. Distribución de países en la asignación de patentes de productos de Magnesio para el sector automotor



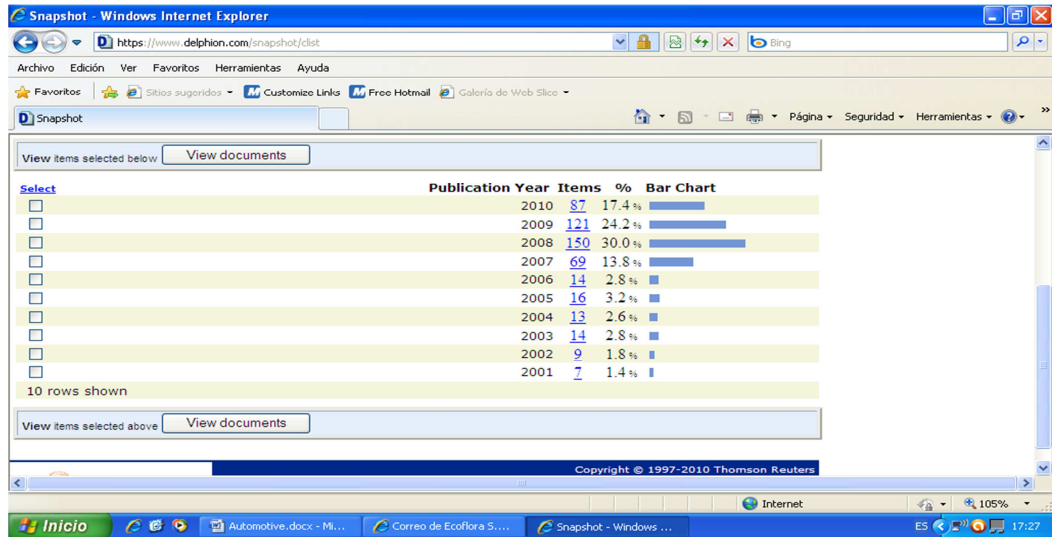
La figura 95 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo de partes para vehículos o insumos con contenido del elemento Magnesio y relacionados con esta industria. Se destacan con 14 patentes registradas Katsuo Suga y con 11 patentes Shiryn Tyebjee y Mehrooz Zamanzadeh y Keith D Weiss con 10.

Figura 95. Principales inventores de partes en Magnesio o insumos para estas en relación con el sector automotor



En cuanto a la distribución de las patentes publicadas por año, en la figura 96 se observa que en los últimos tres años de 2008, 2009 y 2010 se han incrementado las actividades investigativas, dado la alta publicación de patentes en comparación con los años anteriores, esto es, 358 patentes, que corresponden a cerca del 70% de las publicadas en el periodo de tiempo estudiado.

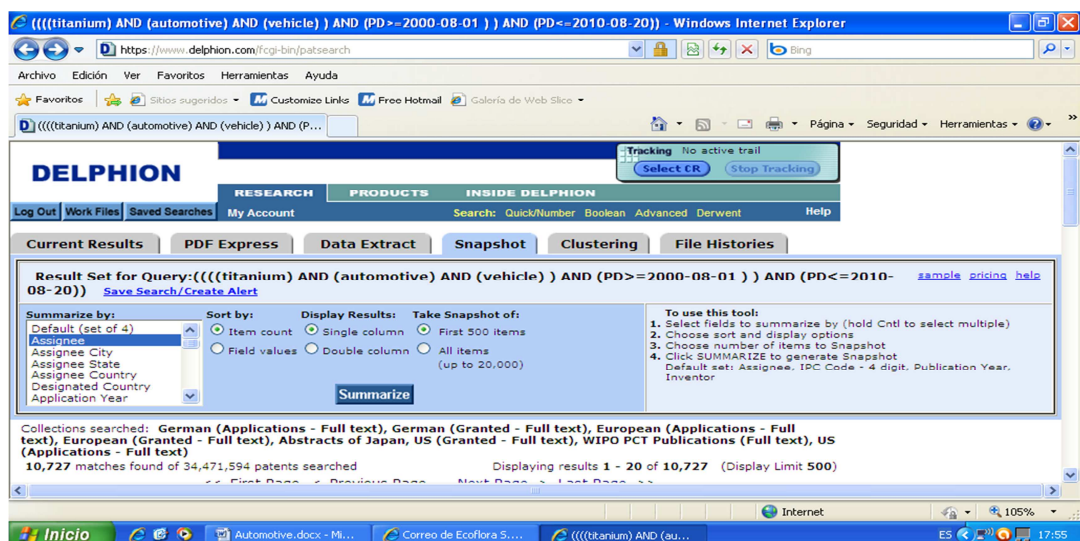
Figura 96. Distribución de los años de publicación de las patentes de partes en Magnesio o insumos para el sector automotor



4.2.7 Resultados de la consulta de patentes publicadas sobre partes o insumos para vehículos producidos con el material metálico Titanio

En la figura 97 se observan los resultados de la búsqueda conducida sobre el material Titanio. En el lapso de tiempo analizado entre los años 2000 y junio de 2010, se observa la publicación de 10.727 patentes relacionadas con el tema, utilizando la ecuación de búsqueda con los términos Titanium, Automotive y Vehicle, los cuales son los términos más comunes de aparición para hacer referencia a este material.

Figura 97. Resultados de la búsqueda de patentes de elementos o insumos para partes de vehículos fabricados en Titanio



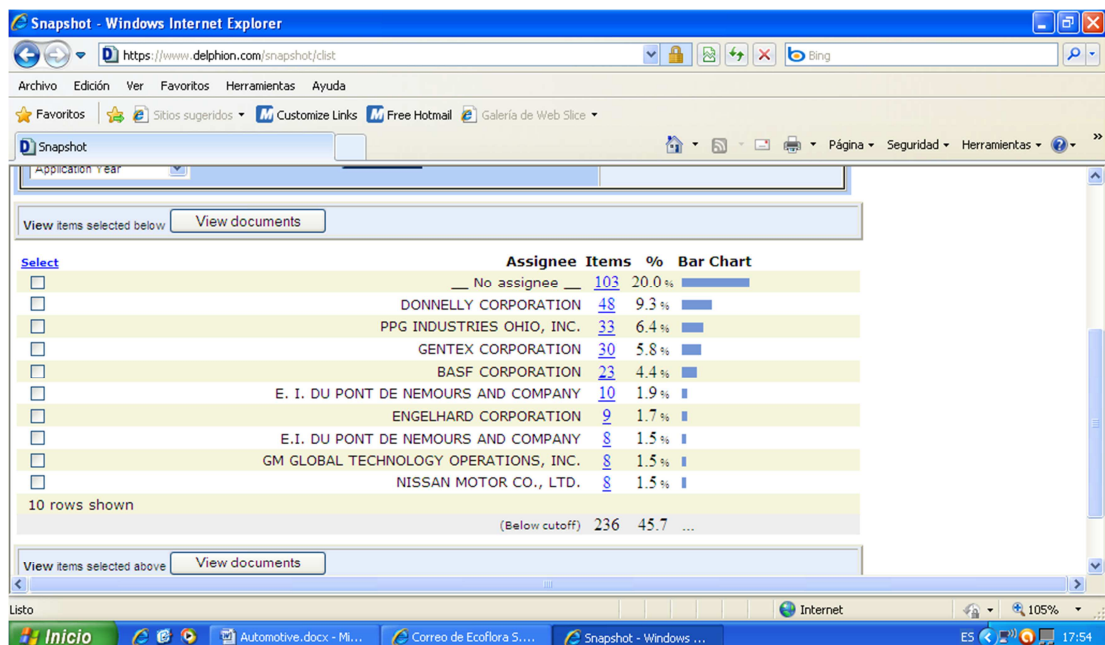
En cuanto a las entidades o compañías que figuran como poseedoras de patentes de productos fabricados con el material Titanio o insumos para el sector automotor conteniendo este elemento, en la figura 98 se aprecian Donnelly Corporation con 48 patentes asignadas. Esta es una importante empresa Norteamericana que diseña y produce partes para autos como espejos, luces, manijas, elementos decorativos y para el interior de los vehículos y otros artículos eléctricos y electrónicos [40].

Le sigue PPG con la publicación de 33 patentes, la cual es un proveedor de pinturas y vidrios y en general de sistemas de recubrimiento para la industria automotriz, donde el Titanio es utilizado para mejorar las condiciones de resistencia a la corrosión y otras propiedades [41].

Igualmente se encuentra la firma de Estados Unidos, Gentex con 30 patentes, la cual es también un proveedor importante de espejos para la industria del automóvil [42].

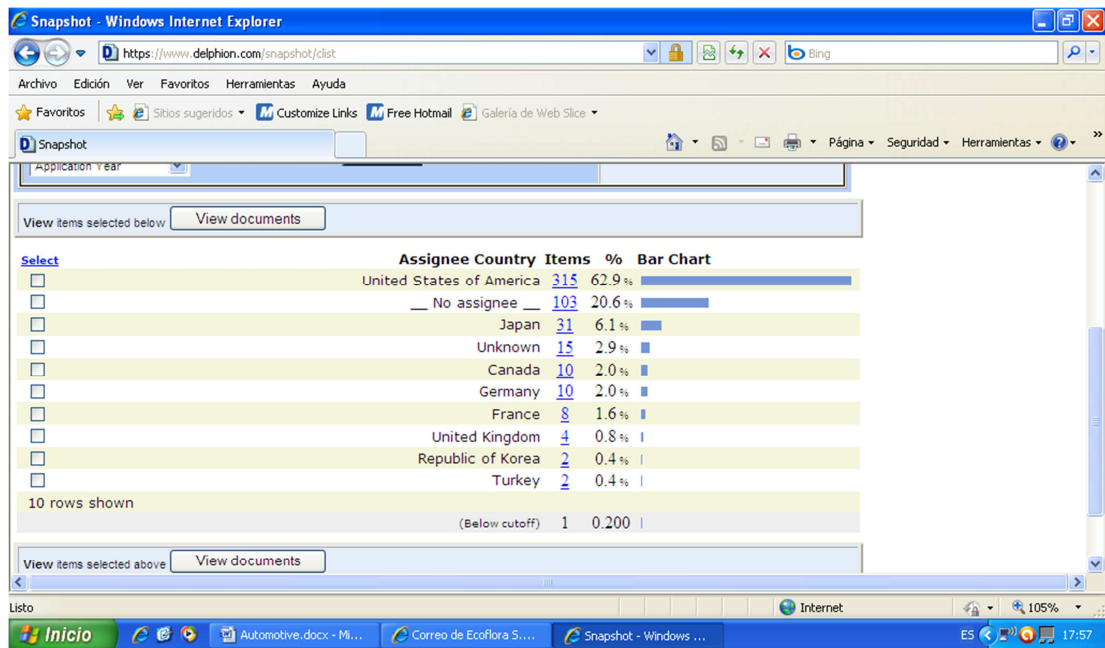
También aparecen otras empresas relacionadas principalmente con el ramo de la química y como el caso del Magnesio, también trabajan el tema de recubrimientos y sistemas catalíticos, donde el Titanio es un importante insumo para estos componentes.

Figura 98. Listado de entidades con la asignación de patentes de partes para vehículos automotores fabricados en Titanio



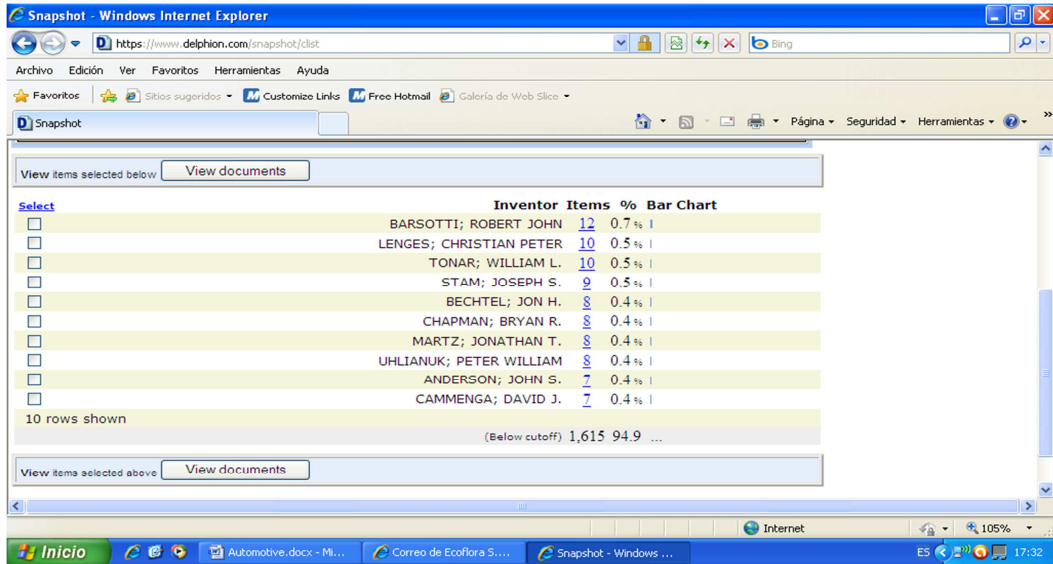
En la figura 99 se pueden apreciar los países líderes en la investigación y desarrollo de partes e insumos en relación con el Titanio, donde se destacan los Estados Unidos con 315 patentes asignadas, Japón con 31 y Canadá y Alemania con 10, entre otros países.

Figura 99. Países de asignación de las patentes relacionadas con los partes o insumos producidos con Titanio



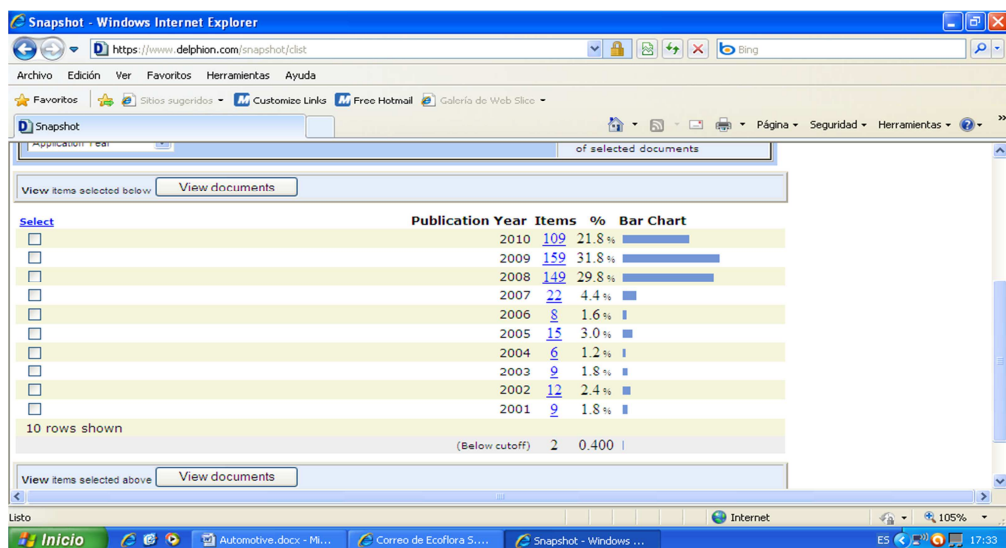
La figura 100 muestra algunos de los inventores que, de acuerdo con la información encontrada en esta oportunidad, han trabajado el desarrollo de partes o insumos para estos en relación con el sector automotor y el material Titanio. Se destacan con 12 patentes publicadas Jhon R. Barssotti, con 10 patentes Peter C. Lenges y William L. Tonar y Joseph S. Stam con 9.

Figura 100. Grupo de inventores en el campo de los autopartes e insumos para estas fabricadas con Titanio



En cuanto a la distribución de las patentes por año, en la figura 101 se observa que en los últimos tres años (2008, 2009 y 2010), se han incrementado las actividades investigativas con respecto a este material y en función del sector automotor, dado la alta publicación de patentes en comparación con los años anteriores, esto es, 417 patentes, que corresponden a cerca del 84% de las asignadas en el periodo de tiempo estudiado. Esto muestra un campo creciente de investigación y desarrollo con este material y sus aplicaciones para vehículos.

Figura 101. Distribución de los años de publicación de patentes relacionadas con partes en Titanio para el sector automotor



4.3 RESULTADOS EJERCICIO DELPHI

Este estudio de vigilancia tecnológica se complementó igualmente con la ejecución de un ejercicio Delphi, construido sobre la base de un cuestionario referido a temáticas relacionadas con materiales y partes que podrán ser de aplicación en la industria automotriz en los próximos años.

Se describen a continuación las fases y resultados del estudio Delphi sobre temáticas relacionadas con los materiales para fabricar partes para automóviles.

4.3.1 Encuestas

Los formularios o formatos conteniendo las encuestas para las distintas rondas del ejercicio Delphi fueron divididos en 4 principales áreas de los materiales metálicos: Aceros avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio. Estas áreas a su vez contenían los temas acerca de los cuáles se les indagaba a los expertos para su calificación en su grado de importancia o prioridad. En el anexo A se presentan los tres formularios que fueron enviados a los expertos panelistas durante las 3 rondas.

Fueron invitados inicialmente 90 panelistas, de los cuáles respondieron la primera encuesta 37, 30 contestaron la segunda y 28 participaron en la tercera. En el anexo B se relacionan los listados de panelistas que participaron en las tres rondas. En la tabla 1 se muestra la ficha técnica de los resultados obtenidos del primer cuestionario enviado a los panelistas.

Tabla 1. Ficha técnica de la encuesta de la primera ronda

FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA RONDA 1	
Encuestas enviadas	90
Respuestas	37
Porcentaje de respuesta	41%
Profesionales	38%
Especialistas	14%
Magíster	35%
Doctores	14%
Participación academia	46%
Participación empresas	54%
Nacional (32)	84%
Internacional (5)	16%

4.3.2 Respuesta de los participantes en la ronda 1

4.3.2.1 Resultados ronda 1

El cuestionario 1 (Ronda 1) fue respondido por 37 expertos, representando un 41% de las respuestas con relación a las 90 encuestas enviadas por correo electrónico.

El objetivo del ejercicio consistió en identificar y priorizar las tecnologías, líneas de investigación y desarrollo más dinámicas e importantes en materiales metálicos para la fabricación de autopartes en la industria colombiana para el año 2020.

En la primera ronda se les pidió a los participantes calificar de 0 a 5 en orden de importancia cada uno de los temas propuestos. A varios temas de una misma pregunta se les podía asignar la misma calificación o prioridad.

La calificación de cada tema se estableció de la siguiente manera: 0: No será Importante – 1: Casi sin importancia – 2: Muy poco importante – 3: Importancia media – 4: Importancia alta 5: Muy importante o alta prioridad - N: No Conoce Sobre el Tema

Los temas presentados al grupo de expertos en la primera ronda se muestran en el Anexo A, Cuestionario para la ronda 1.

El análisis estadístico con los resultados se presenta a continuación y corresponde a la calificación de temas en la primera ronda efectuada, el cual contiene las respuestas asignadas por los panelistas que respondieron la encuesta a cada uno de los temas y se encuentran clasificados por prioritarios y en discusión.

Guía de la asignación numérica a cada tema

Temas 1.1 a 3.7: Aceros Avanzados

Temas 4.1 a 6.8: Aluminio

Temas 7.1 a 9.6: Magnesio

Temas 10.1 a 12.5: Titanio

En la tabla 2 y figuras 102 y 103 se presentan la distribución de frecuencias, la moda, la frecuencia modal y el porcentaje de consenso obtenidos de las respuestas dadas por los panelista al cuestionario de la primera ronda con los temas correspondientes al material metálico Aceros Avanzados.

Tabla 2. Distribución de frecuencias para los aceros

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MATERIALES METÁLICOS ACEROS RONDA 1 CON 37 PARTICIPANTES								
CALIFICACIÓN DEL TEMA	0	1	2	3	4	5	N	
T E M A	1.1	0	0	3	8	13	9	4
	1.2	0	0	0	5	8	22	2
	1.3	0	0	0	3	16	18	0
	1.4	0	0	1	11	14	10	1
	1.5	0	0	0	7	14	15	1
	2.1	0	0	1	9	13	10	4
	2.2	0	0	1	5	16	14	1
	2.3	0	0	2	2	10	21	2
	2.4	0	1	4	10	13	9	0
	2.5	0	0	3	3	8	23	0
	3.1	0	1	4	12	10	7	3
	3.2	0	0	4	14	10	3	6
	3.3	0	0	0	11	13	11	2
	3.4	0	0	0	3	11	23	0
	3.5	0	0	2	6	14	14	1
	3.6	0	0	5	9	14	9	0
	3.7	0	1	4	6	11	14	1

Figura 102. Distribución de frecuencias para los materiales metálicos aceros avanzados

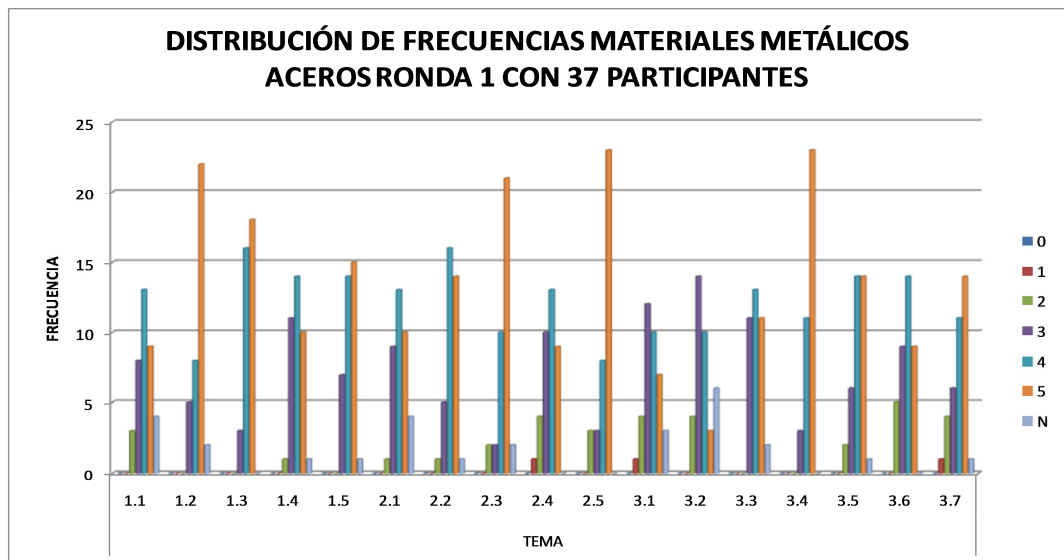
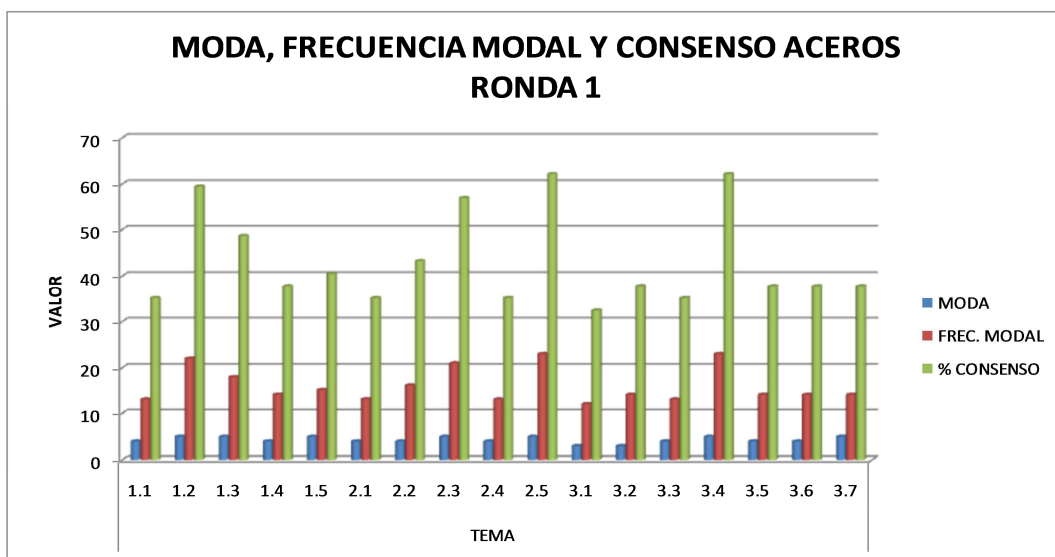


Figura 103. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas de los aceros avanzados



En la tabla 3 y figuras 104 y 105 se presentan la distribución de frecuencias, la moda, la frecuencia modal y el porcentaje de consenso obtenidos de las respuestas dadas por los panelista al cuestionario de la primera ronda con los temas correspondientes al material metálico Aluminio.

Tabla 3. Distribución de frecuencias para el Aluminio

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MATERIALES METALICOS ALUMINIO RONDA 1 CON 37 PARTICIPANTES								
CALIFICACIÓN DEL TEMA	0	1	2	3	4	5	N	
TEMA	4.1	0	0	1	9	4	16	7
	4.2	0	3	2	7	12	11	2
	4.3	0	3	8	9	8	5	4
	4.4	0	1	3	5	10	15	3
	4.5	0	0	2	6	15	8	6
	4.6	1	0	2	6	14	9	5
	4.7	0	0	1	2	12	19	3
	4.8	0	2	5	8	12	3	7
	5.1	1	1	4	9	6	3	13
	5.2	0	2	3	11	12	3	6
	5.3	1	0	5	12	13	4	2
	5.4	0	0	1	5	14	16	1
	5.5	0	0	0	4	14	18	1
	5.6	0	0	2	7	14	13	1
	5.7	0	0	1	2	15	16	3
	6.1	0	1	1	7	7	16	4
	6.2	0	0	4	6	11	7	8
	6.3	0	0	1	7	12	8	8
	6.4	0	0	3	10	11	1	11
6.5	0	0	3	12	5	5	11	
6.6	0	1	5	9	4	3	14	
6.7	0	0	4	12	9	7	4	
6.8	0	0	2	9	9	12	4	

Figura 104. Distribución de frecuencias para el material metálico Aluminio

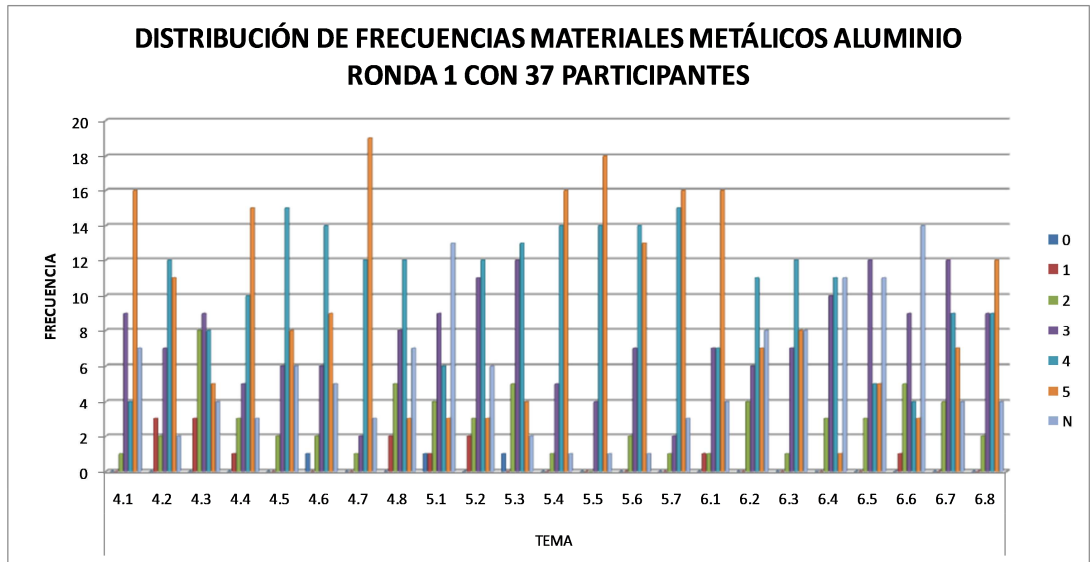
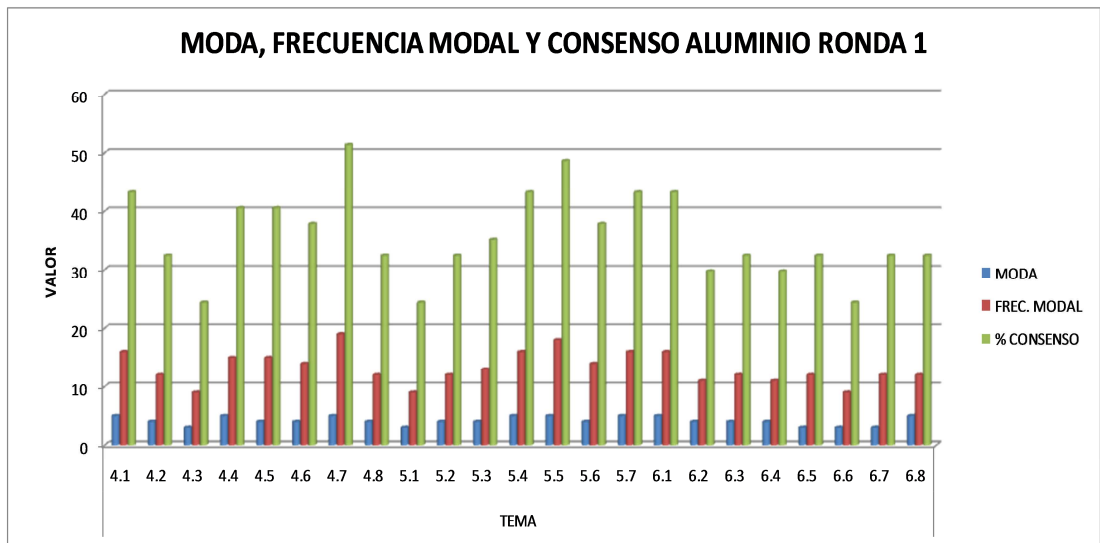


Figura 105. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas del Aluminio



En la tabla 4 y figuras 106 y 107 se presentan la distribución de frecuencias, la moda, la frecuencia modal y el porcentaje de consenso obtenidos de las respuestas dadas por los panelista al cuestionario de la primera ronda con los temas correspondientes al material metálico Magnesio.

Tabla 4. Distribución de frecuencias para el Magnesio

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MATERIALES METÁLICOS MAGNESIO RONDA 1 CON 37 PARTICIPANTES								
CALIFICACIÓN DEL TEMA	0	1	2	3	4	5	N	
T E M A	7.1	1	1	3	9	9	3	11
	7.2	1	1	2	9	5	6	13
	7.3	1	2	4	16	3	1	10
	7.4	1	4	3	8	6	5	10
	7.5	3	2	6	8	4	1	12
	7.6	2	4	3	8	6	4	10
	7.7	3	1	3	7	6	6	11
	7.8	0	2	7	4	4	13	7
	8.1	0	0	2	4	12	7	11
	8.2	0	1	2	6	9	6	12
	8.3	1	1	6	7	7	3	11
	8.4	1	0	4	6	7	5	13
	9.1	0	0	2	2	7	18	8
	9.2	0	0	1	10	8	6	12
	9.3	1	1	1	5	12	8	9
	9.4	0	2	5	7	6	7	10
9.5	0	2	1	7	9	7	10	
9.6	0	0	2	5	12	9	9	

Figura 106. Distribución de frecuencias para el material metálico Magnesio

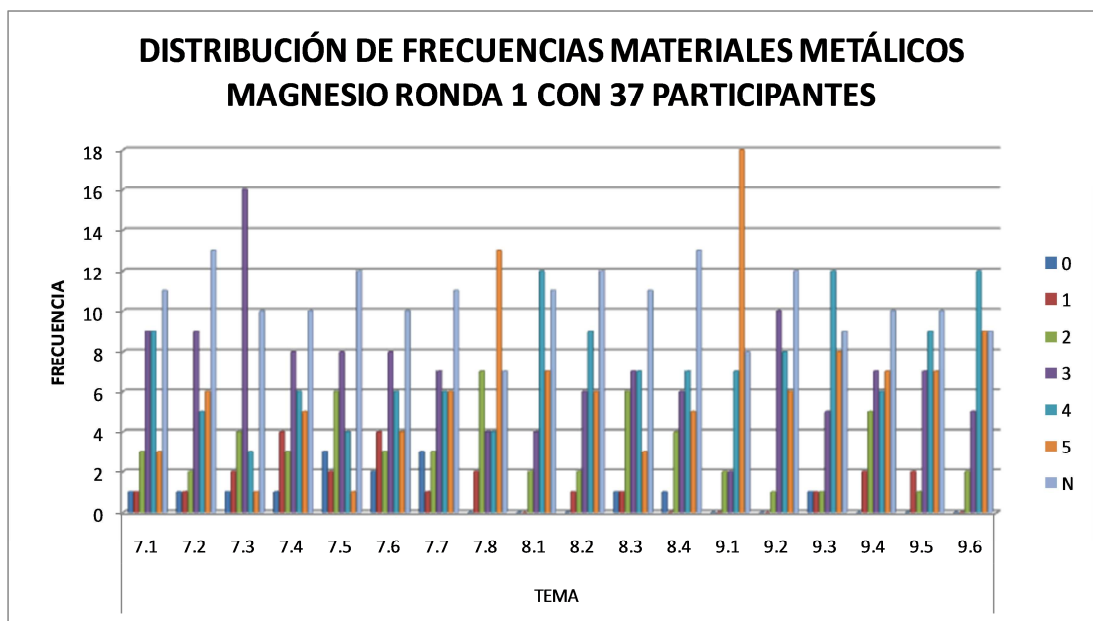
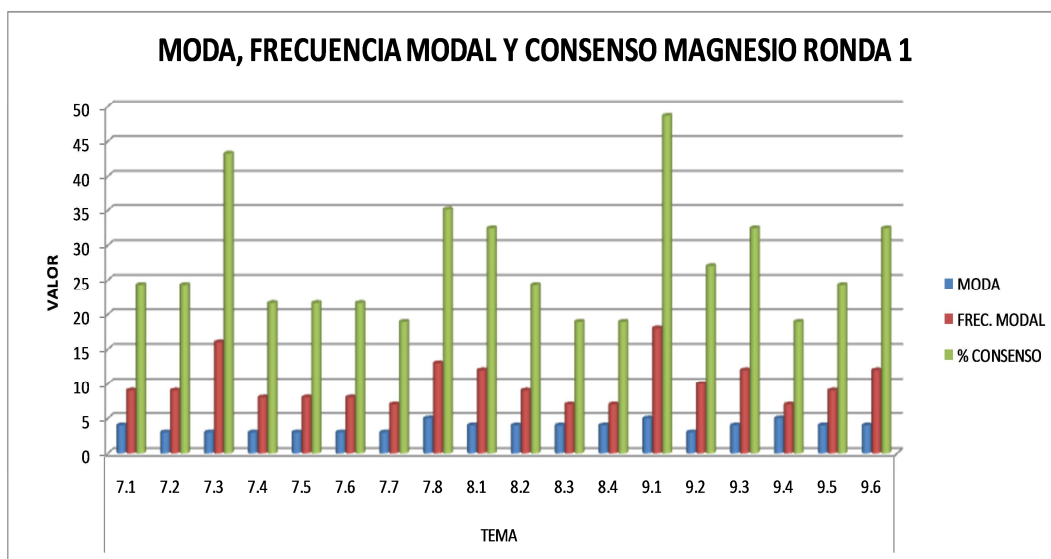


Figura 107. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas del Magnesio



En la tabla 5 y figuras 108 y 109 se presentan la distribución de frecuencias, la moda, la frecuencia modal y el porcentaje de consenso obtenidos de las respuestas dadas por los panelista al cuestionario de la primera ronda con los temas correspondientes al material metálico Titanio.

Tabla 5. Distribución de frecuencias para el Titanio

DISTRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS MATERIALES METÁLICOS TITANIO RONDA 1 CON 37 PARTICIPANTES								
CALIFICACIÓN DEL TEMA		0	1	2	3	4	5	N
T E M A	10.1	0	1	0	3	8	15	10
	10.2	1	0	6	6	6	5	13
	10.3	0	0	4	7	4	12	10
	10.4	2	2	7	7	2	7	10
	10.5	1	2	3	10	6	5	10
	10.6	0	0	4	4	7	10	12
	11.1	2	1	5	4	7	7	11
	11.2	1	0	0	10	7	10	9
	11.3	1	1	1	4	11	9	10
	11.4	0	0	2	7	10	10	8
	11.5	1	1	3	6	9	8	9
	12.1	0	0	1	3	11	13	8
	12.2	0	1	0	5	10	11	9
	12.3	1	0	1	2	8	15	9
	12.4	0	0	1	6	13	8	8
12.5	0	3	2	6	9	6	10	

Figura 108. Distribución de frecuencias para el material metálico Titanio

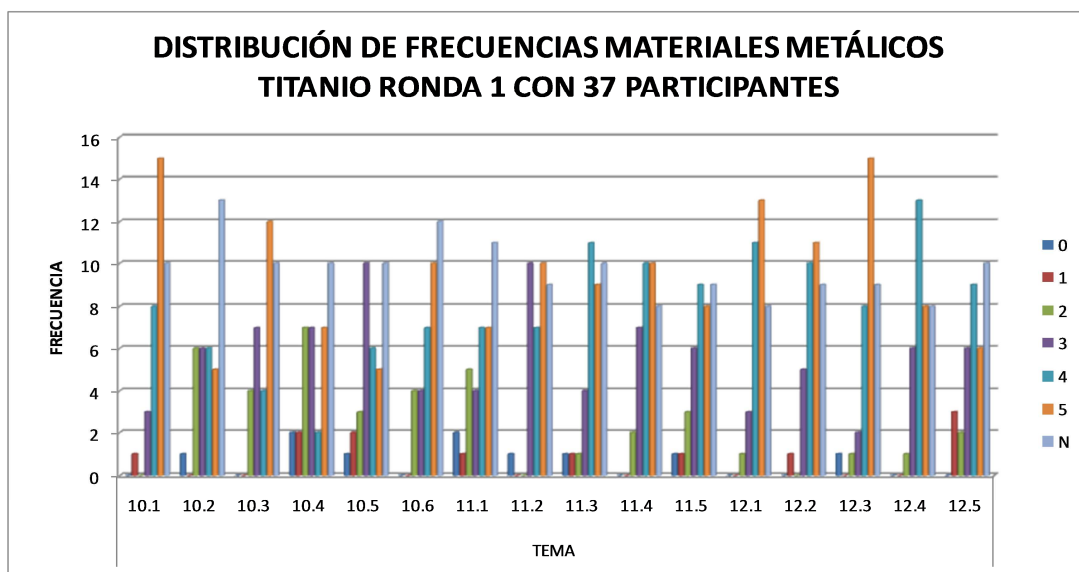
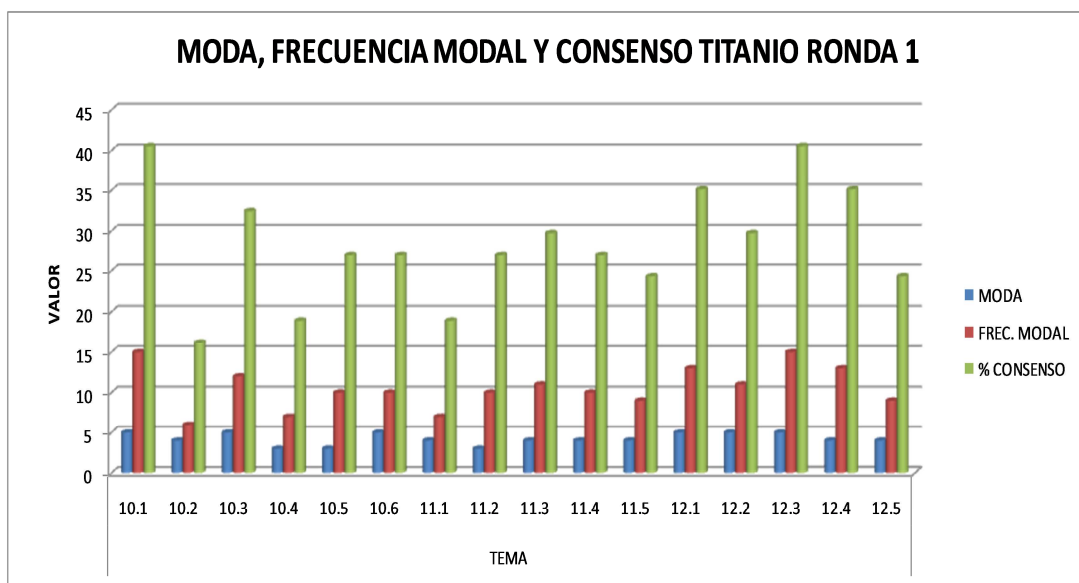


Figura 109. Moda, frecuencia modal y consenso para los temas del Titanio



4.3.2.2 Porcentaje de consenso para cada subtema

Con los datos obtenidos en la primera ronda se definió un grupo de temas prioritarios, de acuerdo con los criterios del valor de la moda y el porcentaje de consenso alcanzado por cada uno de ellos entre el grupo de panelistas que respondieron la encuesta.

$\% \text{ de consenso} = (\text{Frecuencia Modal} / \text{Frecuencia Total}) * 100$

Consenso Definido para los temas Prioritarios ≥ 40 y Moda 4 o 5

Si la Moda es 4 o 5 y el Consenso es < 40 , entonces, se tiene un grupo de temas en discusión.

Si la Moda es ≤ 3 y Cualquier porcentaje de Consenso, se definió como temas eliminados en la primera ronda.

A continuación se presentan los resultados obtenidos con las respuestas de los participantes del panel en relación con los temas de las 4 áreas de los materiales metálicos: Aceros Avanzados, Aluminio, Magnesio y Titanio. Los resultados hacen referencia a la selección de grupos de prioridad y en discusión obtenidos en la primera ronda de acuerdo con el porcentaje de consenso para cada tema y la moda.

Valor promedio de los porcentajes de consenso

Aceros Avanzados 44%	Aluminio 38%	Magnesio 25%	Titanio 28%
-------------------------	-----------------	-----------------	----------------

4.3.2.3 Definición de grupos de prioridad

Total de Temas: 74 (de la primera encuesta)

Temas Prioritarios: 18

Temas en Discusión: 40

Temas Eliminados: 16

De acuerdo con los resultados mostrados en las anteriores gráficas y tablas y con los criterios establecidos para la selección de los tres grupos, se seleccionaron los siguientes temas prioritarios, en discusión y eliminados, mostrados en las tablas 6, 7 y 8.

Temas Prioritarios

Tabla 6. Temas prioritarios identificados en la primera ronda

1.2	Costes de fabricación de las autopartes
1.3	Formación y práctica en la utilización de estos materiales
1.5	Capacitación del personal
2.2	Simulación por elementos finitos
2.3	Estudio de las curvas de límite de conformabilidad de las láminas
2.5	Reducción de peso de diversas partes
3.4	Procesos de estampado
4.1	Acondicionadores de aire
4.4	Bloque de motor
4.5	Culatas
4.7	Rines
5.4	Tratamientos superficiales
5.5	Mejoramiento de propiedades mecánicas
5.7	Resistencia a la fatiga del Aluminio
6.1	Fundición a alta y baja presión
9.1	Desarrollo de Aleaciones
10.1	Válvulas
12.3	Métodos de producción con costos menores

Temas en discusión

Tabla 7. Temas definidos como en discusión en la primera ronda

1.1	Tiempos de fabricación de las autopartes
1.4	Materiales para la fabricación de matrices
2.1	Estudio del springback
2.4	Preparación de superficies
3.3	Soldadura láser
3.5	Mecanizado
3.6	Forja
3.7	Fundición
4.2	Partes de la carrocería
4.6	Radiadores
4.8	Paneles internos y externos
5.2	Hidroconformado de tubos
5.3	Conformado en caliente
5.6	Estabilidad dimensional de las autopartes
6.2	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de Aluminio
6.3	Thixomolding
6.4	Squeeze casting
6.8	Desarrollo del proceso de extrusión
7.1	Armazón del volante
7.8	Rines
8.1	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de magnesio
8.2	Desarrollo del proceso de extrusión
8.3	Desarrollo del proceso de forja
8.4	Procesos de unión o soldadura
9.3	Utilización de láminas de magnesio para fabricar componentes
9.4	Desarrollo de lubricantes
9.5	Tecnologías de unión como soldaduras y adhesivado por difusión
9.6	Resistencia a la fatiga
10.2	Retenes
10.3	Bielas
10.6	Arbol del motor
11.1	Forja
11.2	Fundición
11.3	Conformado
11.4	Mecanizado
11.5	Soldadura y otras técnicas de unión
12.1	Mejoramiento de propiedades mecánicas a través de la micro estructura
12.2	Mejoramiento de los procesos de transformación
12.4	Tratamientos de resistencia al desgaste y superficiales
12.5	Laminación del Titanio

Temas eliminados

Tabla 8. Temas eliminados en la primera ronda

3.1	Tailored blanks
3.2	Hidroconformado de tubos y lámina
4.3	La carrocería completa
5.1	Conformado electromagnético
6.5	Rheocasting
6.6	Conformado electromagnético de alta velocidad
6.7	Desarrollo del proceso de forja
7.2	Traviesas del panel de instrumentos
7.3	Marcos interiores de puertas
7.4	Volante de dirección
7.5	Transmisión
7.6	Partes del chasis
7.7	Partes del motor
9.2	Desarrollo de fundiciones semi-sólidas
10.4	Sistemas de escape
10.5	Frenos

4.3.3 Resultados de la segunda ronda

El segundo cuestionario fue contestado por 30 expertos los cuales hicieron sus argumentaciones en la selección de los temas considerados como prioritarios de acuerdo con la metodología planteada para el ejercicio.

La información presentada a los panelistas para la segunda ronda consistió en dos grupos de temas, prioritarios y en discusión. La instrucción metodológica para los participantes consistió en seleccionar un número de temas que no superaran la cantidad del grupo prioritario, esto es, 18 y proporcionando los debidos argumentos para la selección de cada uno de ellos.

Las respuestas obtenidas permitieron eliminar algunos temas del grupo en Discusión que no fueron considerados prioritarios por los participantes, los cuales correspondieron a los siguientes 14, presentados en la tabla 9.

Tabla 9. Temas eliminados en la segunda ronda

5.2	Hidroconformado de tubos
6.3	Thixomolding
7.1	Almacén del volante
8.1	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de magnesio
8.2	Desarrollo del proceso de extrusión
8.3	Desarrollo del proceso de forja
9.3	Utilización de láminas de magnesio para fabricar componentes
9.4	Desarrollo de lubricantes
9.6	Resistencia a la fatiga
10.2	Retenes
10.3	Bielas
11.4	Mecanizado
12.1	Mejoramiento de propiedades mecánicas a través de la micro estructura
12.2	Mejoramiento de los procesos de transformación

4.3.4 Resultados de la tercera ronda

Se presentaron dos grupos de temas a los panelistas: Temas prioritarios y temas en discusión, de acuerdo con los resultados de las anteriores dos rondas, solicitándoles a los participantes que el número definitivo de temas a seleccionar de los dos listados fuera de 18, marcando cada uno de ellos con un “1”. Posteriormente, este valor fue reemplazado por la calificación que estos panelistas habían asignado al mismo tema en la primera ronda.

En las tablas y gráficas siguientes se presentan los resultados finales con el cálculo tanto del consenso, como del porcentaje por puntos.

En la tabla 10 se presentan los resultados finales de la tercera ronda para los aceros avanzados.

Tabla 10. Materiales Metálicos Aceros Avanzados

RONDAS		37 Participantes (Ronda 1)			28 Participantes (Ronda 3)		28 Participantes Comunes			% de Consenso con 28p				28p	Puntos 37p	Puntos 30p
FACTORES DE ANÁLISIS		M1	fm1*	fm1	P3	P3/28	Er3	Sr3	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	R3			
No.	TEMA								R1*	R1	Fm3	R3				
1.1	Tiempos de fabricación de las autopartes	4	13	9	12	43	2	6	35	32	5	18		35	30	
1.2	Costes de fabricación de las autopartes	5	22	16	18	64	2	6	59	57	12	43		59	0	
1.3	Formación y práctica en la utilización de estos materiales	5	18	14	18	64	2	9	49	50	7	25		49	0	
1.4	Materiales para la fabricación de matrices	4	14	11	19	68	5	4	38	39	12	43		38	40	
1.5	Capacitación del personal	5	15	11	14	50	5	12	41	39	4	14		41	0	
2.1	Estudio del springback	4	13	10	12	43	2	7	35	36	5	18		35	20	
2.2	Simulación por elementos finitos	4	16	12	17	61	1	7	43	43	6	21		43	0	
2.3	Estudio de las curvas de límite de conformabilidad de las láminas	5	21	17	17	61	3	9	57	61	11	39		57	0	
2.4	Preparación de superficies	4	13	11	11	39	5	11	35	39	5	18		35	10	
2.5	Reducción de peso de diversas partes	5	23	18	17	61	0	8	62	64	10	36		62	0	
3.3	Soldadura láser	4	13	12	8	29	2	13	35	43	1	4		35	23	
3.4	Procesos de estampado	5	23	18	20	71	0	6	62	64	12	43		62	0	
3.5	Mecanizado	4	14	13	12	43	1	12	38	46	2	7		38	30	
3.6	Forja	4	14	11	13	46	3	8	38	39	6	21		38	20	
3.7	Fundición	5	14	10	9	32	2	12	38	36	0	0		38	13	

En la tabla 11 se presentan los resultados finales de la tercera ronda para el Aluminio.

Tabla 11. Materiales Metálicos Aluminio

RONDAS		37 Participantes (Ronda 1)			28 Participantes (Ronda 3)		28 Participantes Comunes		% de Consenso con 28p				28p	Puntos 37p	Puntos 30p
FACTORES DE ANÁLISIS		37p	28p	Puntos 28p	% por puntos	Entra <M1	Sale = M1	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	R3			
No.	TEMA	M1	fm1*	fm1	P3	P3/28	Er3	Sr3	R1*	R1	Fm3	R3			
4.1	Acondicionadores de aire	5	16	13	10	36	3	9	43	46	7	25	43	0	
4.2	Partes de la carrocería	4	12	10	16	57	6	8	32	36	8	29	32	23	
4.4	Bloque de motor	5	15	12	16	57	5	9	41	43	8	29	41	0	
4.5	Culatas	4	15	13	10	36	3	11	41	46	5	18	41	0	
4.6	Radiadores	4	14	12	5	18	1	15	38	43	-2	-7	38	3	
4.7	Rines	5	19	15	13	46	0	13	51	54	2	7	51	0	
4.8	Paneles internos y externos	4	12	9	5	18	4	11	32	32	2	7	32	3	
5.2	Hidroconformado de tubos	4	12	8	0	0	0	9	32	29	-1	-4	32	0	
5.3	Conformado en caliente	4	13	9	7	25	2	7	35	32	4	14	35	7	
5.4	Tratamientos superficiales	5	16	12	10	36	1	15	43	43	-2	-7	43	0	
5.5	Mejoramiento de propiedades mecánicas	5	18	13	20	71	1	6	49	46	8	29	49	0	
5.6	Estabilidad dimensional de las autopartes	4	14	12	16	57	2	8	38	43	6	21	38	7	
5.7	Resistencia a la fatiga del Aluminio	5	16	13	12	43	1	13	43	46	1	4	43	0	
6.1	Fundición a alta y baja presión	5	16	12	18	64	5	5	43	43	12	43	43	0	
6.2	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de Aluminio	4	11	9	9	32	4	11	30	32	2	7	30	3	
6.3	Thixomolding	4	12	11	0	0	0	16	32	39	-5	-18	32	0	
6.4	Squeeze casting	4	11	9	5	18	2	7	30	32	4	14	30	3	
6.8	Desarrollo del proceso de extrusión	5	12	9	9	32	0	6	32	32	3	11	32	10	

En la tabla 12 se presentan los resultados finales de la tercera ronda para el Magnesio.

Tabla 12. Materiales Metálicos Magnesio

RONDAS		37 Participantes (Ronda 1)			28 Participantes (Ronda 3)		28 Participantes Comunes		% de Consenso con 28p				28p	Puntos 37p	Puntos 30p
FACTORES DE ANÁLISIS		37p	28p	Puntos 28p	% por puntos	Entra <M1	Sale = M1	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	R3			
No.	TEMA	M1	fm1*	fm1	P3	P3/28	Er3	Sr3	R1*	R1	Fm3	R3			
7.1	Armazón del volante	4	9	6	0	0	0	7	24	21	-1	-4	24	0	
7.8	Rines	5	13	12	7	25	2	10	35	43	4	14	35	7	
8.1	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de magnesio	4	12	9	0	0	0	14	32	32	-5	-18	32	0	
8.2	Desarrollo del proceso de extrusión	4	9	6	0	0	0	11	24	21	-5	-18	24	0	
8.3	Desarrollo del proceso de foja	4	7	6	0	0	0	8	19	21	-2	-7	19	0	
8.4	Procesos de unión o soldadura	4	7	5	13	46	10	6	19	18	9	32	19	3	
9.1	Desarrollo de Aleaciones	5	18	15	20	71	5	4	49	54	16	57	49	0	
9.3	Utilización de láminas de magnesio para fabricar componentes	4	12	9	0	0	0	16	32	32	-7	-25	32	0	
9.4	Desarrollo de lubricantes	5	7	7	0	0	0	8	19	25	-1	-4	19	0	
9.5	Tecnologías de unión como soldaduras y adhesivado por difusión	4	9	7	9	32	1	8	24	25	0	0	24	3	
9.6	Resistencia a la fatiga	4	12	7	0	0	0	14	32	25	-7	-25	32	0	

En la tabla 13 se presentan los resultados finales de la tercera ronda para el Titanio.

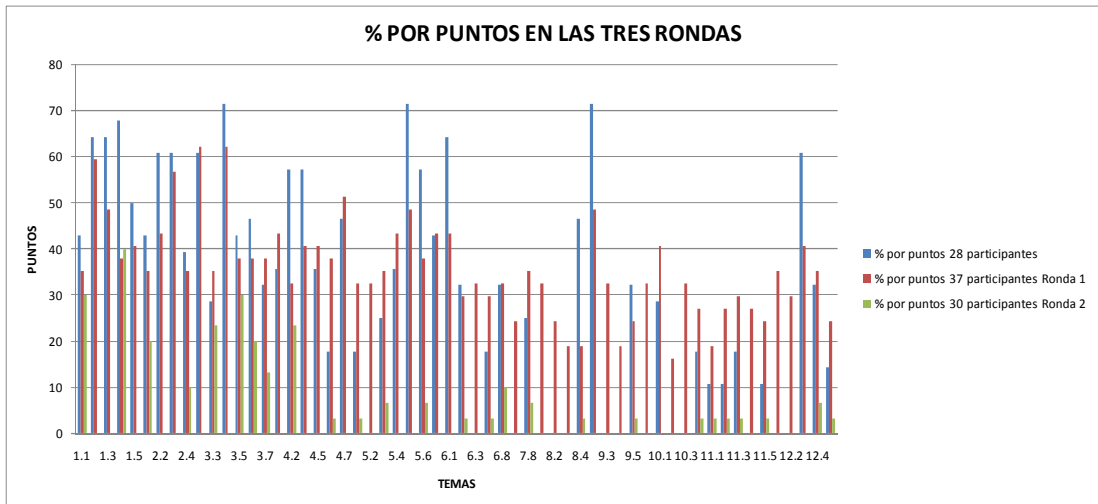
Tabla 13. Materiales Metálicos Titanio

RONDAS		37 Participantes (Ronda 1)			28 Participantes (Ronda 3)		28 Participantes Comunes		% de Consenso con 28p				28p	Puntos 37p	Puntos 30p
FACTORES DE ANÁLISIS		37p	28p	Puntos 28p	% por puntos	Entra <M1	Sale = M1	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	R3			
No.	TEMA	M1	fm1*	fm1	P3	P3/28	Er3	Sr3	R1*	R1	Fm3	R3			
10.1	Válvulas	5	15	11	8	29	2	11	41	39	2	7	41	0	
10.2	Retenes	4	6	5	0	0	0	9	16	18	-4	-14	16	0	
10.3	Bielas	5	12	7	0	0	0	11	32	25	-4	-14	32	0	
10.6	Arbol del motor	5	10	7	5	18	2	8	27	25	1	4	27	3	
11.1	Foja	4	7	6	3	11	1	9	19	21	-2	-7	19	3	
11.2	Fundición	3	10	7	3	11	3	12	27	25	-2	-7	27	3	
11.3	Conformado	4	11	10	5	18	1	12	30	36	-1	-4	30	3	
11.4	Mecanizado	4	10	9	0	0	0	16	27	32	-7	-25	27	0	
11.5	Soldadura y otras técnicas de unión	4	9	7	3	11	1	10	24	25	-2	-7	24	3	
12.1	Mejoramiento de propiedades mecánicas a través de la micro estructura	5	13	9	0	0	0	17	35	32	-8	-29	35	0	
12.2	Mejoramiento de los procesos de transformación	5	11	10	0	0	0	17	30	36	-7	-25	30	0	
12.3	Métodos de producción con costos menores	5	15	11	17	61	7	7	41	39	11	39	41	0	
12.4	Tratamientos de resistencia al desgaste y superficiales	4	13	9	9	32	5	10	35	32	4	14	35	7	
12.5	Laminación del Titanio	4	9	8	4	14	2	11	24	29	-1	-4	24	3	

4.3.5 Resultados del porcentaje por puntos en las tres rondas.

En la figura 110 se muestran los valores de los porcentajes por puntos obtenidos en las tres rondas para cada tema seleccionado como prioritario por el panel de expertos.

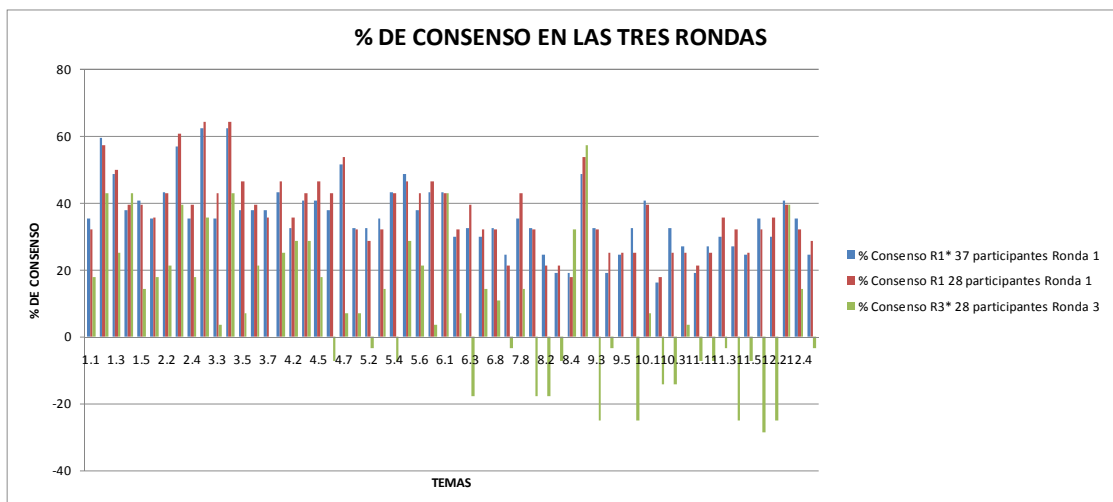
Figura 110. Porcentaje por puntos para los distintos temas seleccionados como prioritarios



4.3.6 Resultados del Porcentaje de Consenso en las tres rondas

En la figura 111 se muestran los valores de los porcentajes por consenso obtenidos en las tres rondas para cada tema seleccionado como prioritario.

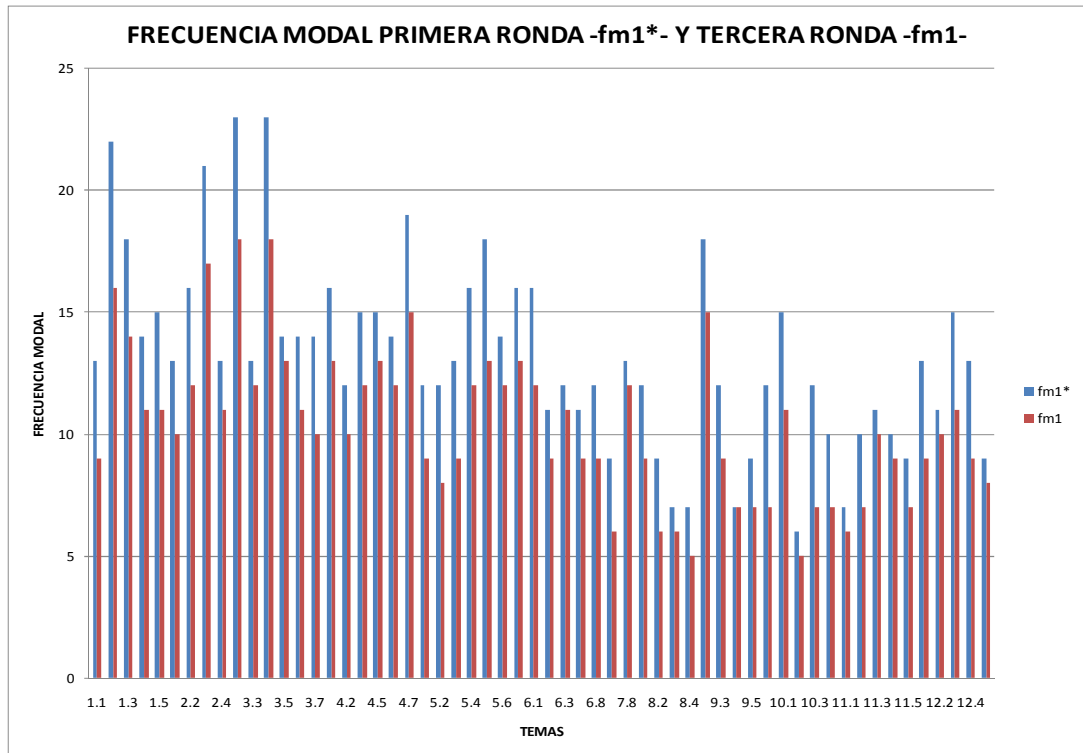
Figura 111. Porcentaje de consenso para los distintos temas seleccionados como prioritarios



4.3.7 Resultados de la Frecuencia Modal Primera Ronda -Fm1*- y Tercera Ronda -Fm1-

En la figura 112 se muestran los valores de la frecuencia modal para la primera ronda y la tercera ronda.

Figura 112. Frecuencia modal primera y tercera rondas



4.3.8 Selección final de temas en la tercera ronda

4.3.8.1 Consideraciones generales

La selección de temas prioritarios en la tercera ronda por los participantes, consistió en identificar los temas de mayor prioridad entre los grupos 1 y 2 del cuestionario presentado. El número de temas a seleccionar, finalmente debería ser igual al de temas que contenía el grupo 1, esto es 18 temas.

Para la selección final de temas prioritarios se estableció el mismo criterio definido en la primera ronda acerca de establecer como temas prioritarios aquellos que alcanzaran un porcentaje de consenso igual o superior al 40%.

Lo anterior se hace conveniente establecerlo de esta forma para no dejar temas importantes por fuera de la selección final, dadas las siguientes importantes características del tema y sector industrial estudiado, donde se incluyen aspectos técnicos y de otra índole, como normativos:

- Un vehículo es complejo en su fabricación, debido a que se encuentra ensamblado a partir de centenares de partes.
- Estas partes son de diferentes materiales, tanto metálicos, poliméricos, compuestos y hasta cerámicos.
- Reglamentaciones del gobierno exigen a las ensambladoras un cierto porcentaje de integración nacional de partes, o sea, que sean provistas estas por empresas asentadas en Colombia.
- Lo anterior conduce a que las ensambladoras implementen programas de desarrollo de proveedores locales para buscar oportunidades de fabricación nacional de piezas y donde se realizan acciones de transferencia de conocimiento y tecnología de las casas matrices y de proveedores internacionales.
- La producción nacional de partes implica realizar estudios de factibilidad técnica y financiera, donde se busca siempre obtener condiciones competitivas con respecto a proveedores o mercados internacionales.
- El tema de los materiales se encuentra en muchas ocasiones presente en los nuevos desarrollos de partes para sustituir importaciones que se adelantan con los proveedores nacionales.

Luego de obtener el análisis estadístico de las respuestas obtenidas del grupo de panelistas que finalizaron el estudio (28 participantes respondieron la última ronda) y la comparación con las respuestas obtenidas en la primera ronda de los mismos participantes, se llegó a la conclusión de que las líneas de trabajo e investigación en materiales metálicos para fabricar autopartes son, en cada uno de los grupos de materiales, los relacionados a continuación y donde los diferentes temas que alcanzan un consenso mayor o igual al 40% se resaltan en color marrón para los resultados finales por el consenso alcanzado en la tercera ronda (R3) y el porcentaje por puntos obtenido en la ronda 3 con 28 participantes (P3/28). Esto se presenta en las tablas 14 a 17.

4.3.8.2 Aceros Avanzados

Tabla 14. Calificación de la prioridad de los aceros avanzados

RONDAS		28 Participantes (Ronda 3)		% de Consenso con 28p			28p	Puntos 37p
FACTORES DE ANÁLISIS		Puntos 28p	% por puntos	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	
No.	TEMA	P3	P3/28	R1*	R1	Fm3	R3	
1.1	Tiempos de fabricación de las autopartes	12	43	35	32	5	18	35
1.2	Costes de fabricación de las autopartes	18	64	59	57	12	43	59
1.3	Formación y práctica en la utilización de estos materiales	18	64	49	50	7	25	49
1.4	Materiales para la fabricación de matrices	19	68	38	39	12	43	38
1.5	Capacitación del personal	14	50	41	39	4	14	41
2.1	Estudio del springback	12	43	35	36	5	18	35
2.2	Simulación por elementos finitos	17	61	43	43	6	21	43
2.3	Estudio de las curvas de límite de conformabilidad de las láminas	17	61	57	61	11	39	57
2.4	Preparación de superficies	11	39	35	39	5	18	35
2.5	Reducción de peso de diversas partes	17	61	62	64	10	36	62
3.3	Soldadura láser	8	29	35	43	1	4	35
3.4	Procesos de estampado	20	71	62	64	12	43	62
3.5	Mecanizado	12	43	38	46	2	7	38
3.6	Forja	13	46	38	39	6	21	38
3.7	Fundición	9	32	38	36	0	0	38

4.3.8.3 Aluminio

Tabla 15. Calificación de la prioridad del Aluminio

RONDAS		28 Participantes (Ronda 3)		% de Consenso con 28p			28p	Puntos 37p
FACTORES DE ANÁLISIS		Puntos 28p	% por puntos	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	
No.	TEMA	P3	P3/28	R1*	R1	Fm3	R3	
4.1	Acondicionadores de aire	10	36	43	46	7	25	43
4.2	Partes de la carrocería	16	57	32	36	8	29	32
4.4	Bloque de motor	16	57	41	43	8	29	41
4.5	Culatas	10	36	41	46	5	18	41
4.6	Radiadores	5	18	38	43	-2	-7	38
4.7	Rines	13	46	51	54	2	7	51
4.8	Paneles internos y externos	5	18	32	32	2	7	32
5.2	Hidroconformado de tubos	0	0	32	29	-1	-4	32
5.3	Conformado en caliente	7	25	35	32	4	14	35
5.4	Tratamientos superficiales	10	36	43	43	-2	-7	43
5.5	Mejoramiento de propiedades mecánicas	20	71	49	46	8	29	49
5.6	Estabilidad dimensional de las autopartes	16	57	38	43	6	21	38
5.7	Resistencia a la fatiga del Aluminio	12	43	43	46	1	4	43
6.1	Fundición a alta y baja presión	18	64	43	43	12	43	43
6.2	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de Aluminio	9	32	30	32	2	7	30
6.3	Thixomolding	0	0	32	39	-5	-18	32
6.4	Squeeze casting	5	18	30	32	4	14	30
6.8	Desarrollo del proceso de extrusión	9	32	32	32	3	11	32

4.3.8.4 Magnesio

Tabla 16. Calificación de la prioridad del Magnesio

RONDAS		28 Participantes (Ronda 3)		% de Consenso con 28p			28p	Puntos 37p
FACTORES DE ANÁLISIS		Puntos 28p	% por puntos	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	
No.	TEMA	P3	P3/28	R1*	R1	Fm3	R3	
7.1	Armazón del volante	0	0	24	21	-1	-4	24
7.8	Rines	7	25	35	43	4	14	35
8.1	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de magnesio	0	0	32	32	-5	-18	32
8.2	Desarrollo del proceso de extrusión	0	0	24	21	-5	-18	24
8.3	Desarrollo del proceso de forja	0	0	19	21	-2	-7	19
8.4	Procesos de unión o soldadura	13	46	19	18	9	32	19
9.1	Desarrollo de Aleaciones	20	71	49	54	16	57	49
9.3	Utilización de láminas de magnesio para fabricar componentes	0	0	32	32	-7	-25	32
9.4	Desarrollo de lubricantes	0	0	19	25	-1	-4	19
9.5	Tecnologías de unión como soldaduras y adhesivado por difusión	9	32	24	25	0	0	24
9.6	Resistencia a la fatiga	0	0	32	25	-7	-25	32

4.3.8.5 Titanio

Tabla 17. Calificación de la prioridad del Titanio

RONDAS		28 Participantes (Ronda 3)		% de Consenso con 28p			28p	Puntos 37p
FACTORES DE ANÁLISIS		Puntos 28p	% por puntos	fm1*/37	fm1/28	fm1+Er3-Sr3	Fm3/28*100	
No.	TEMA	P3	P3/28	R1*	R1	Fm3	R3	
10.1	Válvulas	8	29	41	39	2	7	41
10.2	Retenes	0	0	16	18	-4	-14	16
10.3	Bielas	0	0	32	25	-4	-14	32
10.6	Arbol del motor	5	18	27	25	1	4	27
11.1	Forja	3	11	19	21	-2	-7	19
11.2	Fundición	3	11	27	25	-2	-7	27
11.3	Conformado	5	18	30	36	-1	-4	30
11.4	Mecanizado	0	0	27	32	-7	-25	27
11.5	Soldadura y otras técnicas de unión	3	11	24	25	-2	-7	24
12.1	Mejoramiento de propiedades mecánicas a través de la micro estructura	0	0	35	32	-8	-29	35
12.2	Mejoramiento de los procesos de transformación	0	0	30	36	-7	-25	30
12.3	Métodos de producción con costos menores	17	61	41	39	11	39	41
12.4	Tratamientos de resistencia al desgaste y superficiales	9	32	35	32	4	14	35
12.5	Laminación del Titanio	4	14	24	29	-1	-4	24

4.3.9 Temas comunes en los análisis por consenso y por puntos

Se aprecia de las anteriores tablas que en cuanto a la comparación entre los resultados del porcentaje de consenso alcanzado por cada tema en la tercera ronda (R3) con respecto al porcentaje por puntos también en esta ronda con 28 participantes, los temas 1.2, 1.4, 3.4, 6.1 y 9.1 son comunes en ambos criterios.

De esta forma, los temas que fueron considerados importantes con respecto a los criterios de análisis por puntos y por consenso por el grupo de panelistas, fueron los 5 siguientes, relacionados en la tabla 18:

Tabla 18. Temas seleccionados por consenso y puntos

TEMA	CLASE DE MATERIAL	% DE CONSENSO	% POR PUNTOS
9.1 Desarrollo de aleaciones	Magnesio	57	71
3.4 Procesos de estampado	Aceros Avanzados	43	71
1.4 Materiales para la fabricación de matrices	Aceros Avanzados	43	68
1.2 Costes de fabricación de las autopartes	Aceros Avanzados	43	64
6.1 Fundición a alta y baja presión	Aluminio	43	64

4.3.10 Selección de grupo adicional de temas en el análisis por puntos

No obstante la selección anterior y teniendo en cuenta las justificaciones dadas en el numeral 8.10.1, es conveniente seleccionar otros 13 temas para completar los 18 prioritarios, recurriendo al análisis por puntos. En este caso se seleccionan los temas en orden descendente por el porcentaje por puntos alcanzado, resultando los siguientes como son mostrados en la tabla 19.

Tabla 19. Otro grupo de temas importantes seleccionados por consenso y puntos

TEMA	CLASE DE MATERIAL	% POR PUNTOS
5.5 mejoramiento de las propiedades mecánicas	Aluminio	71
1.3 Formación y práctica en la utilización de estos materiales	Aceros Avanzados	64
2.2 Simulación por elementos finitos	Aceros Avanzados	61
2.3 Estudio de las curvas de límite de conformabilidad de las láminas	Aceros Avanzados	61
2.5 Reducción de peso de diversas partes	Aceros Avanzados	61
12.3 Métodos de producción con costos menores	Titanio	61
4.2 Partes de la carrocería	Aluminio	57
4.4 Bloque del motor	Aluminio	57

TEMA	CLASE DE MATERIAL	% POR PUNTOS
5.6 Estabilidad dimensional de las autopartes	Aluminio	57
3.6 Forja	Aceros Avanzados	46
4.7 Rines	Aluminio	46
8.4 Procesos de unión o soldadura	Magnesio	46
5.7 Resistencia a la fatiga del Aluminio	Aluminio	43

4.4 INSTITUCIONES Y GRUPOS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONALES

Para responder de una forma un poco más amplia a los siguientes Factores Críticos de Vigilancia: Tendencias tecnológicas en el desarrollo de materiales, su utilización para la producción de partes para el ensamble de autos, organizaciones que se encuentran trabajando el tema con sus principales líneas de investigación y desarrollo de esta temática en ensambladoras de vehículos, se realiza a continuación una breve descripción de algunas instituciones y centros de investigación destacados y que dentro de sus campos de trabajo también poseen una orientación hacia los proyectos con materiales metálicos para su utilización en la construcción de automóviles.

Se presenta esta información de instituciones internacionales, ya que en Colombia, si bien existen destacados grupos de investigación en materiales, actualmente no existe un centro o grupo de investigación especializado en la industria automotriz, donde lo realizado hasta ahora corresponde principalmente a la ejecución de pocos proyectos por grupos de investigación de universidades, lo cual se verifica al indagar en la plataforma ScienTI-GrupLac de Colciencias.

En este sistema de información se encontró como uno de los proyectos con una mayor relación con el sector automotor, el titulado “Proceso de fundición en espuma perdida para la fabricación de autopartes”, del grupo de investigación sobre Nuevos Materiales de la Universidad pontificia Bolivariana del año 2007.

De esta forma algunos centros de investigación internacionales en temas de materiales y concernientes a la industria automotriz se relacionan a continuación.

School of engineering, Deakin University, Australia [43]

Algunas de sus principales líneas de investigación se orientan a la industria automotriz, como por ejemplo, el desarrollo de nuevas aleaciones de metales ligeros y nuevas formas de producirlos. También se encuentran trabajando en la próxima generación de aceros para automóviles, en la producción de nuevos implantes porosos metálicos, así como en el desarrollo de nuevas tecnologías de superficie, entre otras temáticas.

Es importante destacar por ejemplo los siguientes campos de investigación con respecto a los materiales metálicos avanzados para autos, conformabilidad de AHSS (advanced High Strength Steel), Fatiga de los aceros AHSS, Alta velocidad de deformación, donde afirman por ejemplo, que la próxima generación de aceros para el automóvil se compone de estructuras complejas de varias fases con nano-ingeniería de los componentes para un rendimiento superior. Sin embargo, aclaran se presentan muchos desafíos en la producción y el control de piezas de estos grados. El grupo de Deakin está explorando nuevas estructuras de refinado multifase y la forma de producir estos materiales.

Mencionan por ejemplo que el Titanio promete la resistencia del acero, pero sin la tendencia a la corrosión de aquel, pero es demasiado caro para la mayoría de las aplicaciones no médicas militares y no gubernamentales. También explican que el Magnesio promete una menor densidad, pero es muy difícil conformar a temperatura ambiente. Estas son algunas de las cuestiones que el grupo pretende resolver, lo que se ve claramente que es un trabajo interesante de investigación. También trabajan metales ligeros como aluminio y magnesio que poseen una densidad relativa menor que el acero, permitiendo un potencial de reducción de peso significativo. Las áreas de investigación actual en Deakin en metales ligeros incluyen: Aleación de aluminio, extrusiones de aleación de magnesio y conformabilidad de aleaciones de magnesio.

En general, la filosofía que lleva este centro de investigación es llevar mejores vehículos al mercado, más rápido y más barato. En la universidad de Deakin, los investigadores trabajan actualmente con fabricantes locales de automóviles para mejorar la calidad y la reducción del tiempo para llevar los productos al mercado.

Esto puede hacerse en una variedad de maneras, incluyendo la mejora de la robustez y eficiencia de los procesos actuales de fabricación y mejorar la precisión de los modelos de simulación por ordenador utilizados en el diseño de herramientas, análisis de pruebas de aptitud para la conformación y rendimiento de los componentes.

Este Centro se encuentra involucrado en varios proyectos claves con la industria automotriz local y en asocio con otras organizaciones de investigación, incluyendo entre otros:

- El Centro de Tecnología de punzonado y Procesos de Manufactura Automotriz con la Ford Motor Company.
- El Centro para la solidificación de metales ferrosos y Aluminio Technology (FAST), con la Ford Motor Company.
- Centro de Investigación Cooperativa de Advanced Automotive Technology (AUTOCRC) con el GM Holden y varios otros proveedores de automoción.

Algunos de los actuales ámbitos de investigación automotriz en Deakin en los procesos de estampación, corresponde, por ejemplo, a las siguientes áreas:

- Desarrollo rápido de herramientas
- Control dimensional de componentes estampados
- Sistemas de lubricación
- Simulación por ordenador en la industria automotriz. El uso de la modelización de elementos finitos para diseñar o evaluar el desempeño de una herramienta o un componente puede ahorrar tiempo y dinero en este sector económico.
- Mejora de procesos de estampado, el cual es el método principal para la fabricación de las estructuras del automóvil.

Áreas de investigación actual en Deakin mediante simulación por ordenador:

- Análisis de elementos finitos de la lámina de metal conformada
- Formabilidad, resistencia al desgaste y recuperación elástica
- Determinación y caracterización de la robustez de chapa a través de la simulación.
- Modelado de comportamiento del material para las simulaciones de choque

Equipos de laboratorio para la investigación con que cuenta esta institución:

- Equipo de ensayo Erichsen para la conformabilidad de la lámina de acero
- Microscopios electrónicos
- Equipos para medir la resistencia de los materiales y determinar condiciones de fatiga.
- Estaciones de trabajo con HYPERFORM, AutoForm, Dynaform y software Abaqus para análisis por elementos finitos (FEA).
- Medidores de espesor por ultrasonido

Se destacan igualmente en el campo del desarrollo tecnológico del sector automotor las dos siguientes entidades:

- Ford Research & Advanced Engineering Center Aachen Europe [44]
- International center for automotive research, mechanical engineering department, Clemson University [45].

Los anteriores centros trabajan de forma continua en proyectos de investigación relacionados con los materiales y los vehículos, en aspectos como por ejemplo:

- Desarrollo de nuevos materiales
- Mejoramiento de materiales utilizados actualmente

- Diseño y desarrollo de nuevas partes para automóviles
- Mejoramiento en la eficiencia de los sistemas de producción de materiales y de las partes.
- Estudio del comportamiento del auto en uso
- Ciclo de vida de los materiales y productos

En la investigación y desarrollo de proyectos relacionados con el Aluminio y su aplicación a la fabricación de partes para vehículo, se destacan las siguientes instituciones, de las cuáles se presenta una breve reseña sobre sus capacidades tecnológicas en esta temática.

General Motors Research and development center (GM R&D) [46]

GM R&D fue el primer centro de investigación de la automoción. Fue fundado en 1920 por el inventor Charles F. Kettering.

Con sede central en Warren, Michigan, es un centro de investigación de GM que coordina una red de laboratorios y las relaciones de colaboración en más de doce países, entre ellos relaciones de trabajo con universidades, grupos de gobierno, proveedores y otros socios de todo el mundo.

En 2003, GM R & D comenzó una expansión de su red mundial de investigación, donde el objetivo era transformar sus laboratorios de investigación en una organización de referencia internacional por la calidad de esta unidad de negocio en cuanto a organización, agilidad y eficiencia.

Laboratorios de investigación y desarrollo con que cuenta GM R&D:

- Advanced Technical Center – Israel
- Laboratorio de Ciencias de China
- Laboratorio de integración eléctrica y controles
- Laboratorio de Investigación de la Energía electroquímica
- Laboratorio de Ciencias de la India
- Laboratorio de investigación de sistemas de manufactura
- Laboratorio de Investigación de Sistemas de Propulsión
- Laboratorio de Investigación de Desarrollo de Vehículos

Las actividades de investigación incluyen la mejora del rendimiento medioambiental de los vehículos de GM, la diversificación de fuentes de energía, así como proporcionar soluciones de ahorro de gasolina en todo el mundo como la gestión activa de combustible, sincronización variable de válvulas y de transmisiones de seis velocidades, el desarrollo de motores diesel avanzados, las pilas de combustible y los vehículos híbridos, la electrónica y los controles y la investigación de nuevos materiales.

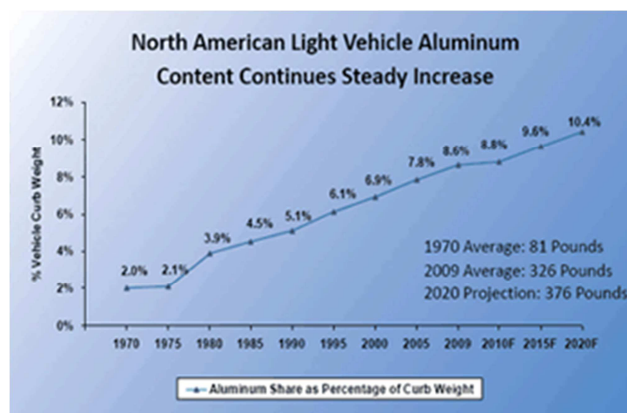
Materiales de interés especial incluyen el aluminio y las aleaciones de magnesio, polímeros avanzados, polímeros y materiales compuestos de matriz metálica, materiales compuestos estructurales, los nano-materiales estructurados, ingeniería de superficies, sistemas de pintura y recubrimientos avanzados y adhesivos estructurales. Además de la caracterización de las propiedades de estos materiales, se ejecutan actividades de modelación de sus estructuras atómicas, las propiedades electrónicas y mecánicas, y la simulación de los métodos de transformación que se utilizan para producirlos.

ALCOA [47]

Esta empresa con sede en Cleveland, Ohio, sirve a la industria automotriz en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo ruedas de aluminio forjado, marcos de aluminio, fundición al vacío, productos especializados como como Dura-Bright® y Dura-ruedas de brida® y M-Series™ ruedas de camiones medianos, así como una variedad de otros componentes de aluminio para estos mercados. Un aspecto destacable de esta empresa es que trabaja en estrecha colaboración con los equipos de investigación de GM. Un proyecto importante que ha ejecutado en los últimos años fue el de diseño, la ingeniería y las técnicas de producción para aumentar la resistencia y durabilidad al tiempo que reduce el peso global de las ruedas o llantas para vehículo. Por ejemplo, las llantas de aluminio forjado de Alcoa proporcionan una mayor resistencia y durabilidad y son típicamente más de 20 por ciento más ligeras, con respecto a una rueda similar de Aluminio fundido.

En la figura 113, se muestra cómo ha evolucionado a través de los años la utilización del Aluminio en la fabricación de partes o componentes para vehículo. Se observa que en el año de 1970, solo el 2% del peso de un vehículo correspondía a Aluminio, mientras que en 2009 esta proporción ha alcanzado casi un 8% y se proyecta que para el 2020 el contenido de este material se aproxime al 11% del peso de un auto [47].

Figura 113. Evolución a través de los años en el contenido de Aluminio en los automóviles [47]



5. CONCLUSIONES

En la actualidad cada vez se tiende con un mayor énfasis hacia la fabricación de automóviles más ligeros y de bajo consumo, que cumplan con parámetros como alta resistencia al impacto, buenas cualidades de dinámica estructural, seguridad y reducción de las emisiones de contaminantes.

La aparición de nuevos materiales avanzados conlleva que se deban adaptar los procesos de diseño y transformación de los materiales convencionales utilizados actualmente en la fabricación de partes para vehículos, de acuerdo con las características de los primeros.

También se puede concluir que el Aluminio se va a consolidar como el “metal ligero” que mayor aplicación va a tener, utilizándose en la fabricación de componentes externos del vehículo como puertas, paneles, capós, etc.

Por otra parte, el Magnesio figura como el metal que mayor resistencia-peso ofrece, pero a pesar de esto, las láminas de acero continúan teniendo mejor comportamiento a la deformabilidad. El magnesio, además, presenta problemas en su transformación debido a su elevada reactividad superficial, por lo que su aplicación queda muy restringida a determinados componentes.

El Titanio aparece como un competidor en sustitución de componentes fabricados en acero inoxidable, pero por su costo, solamente en vehículos de alta gama y de competición. Se puede inferir que tendrá que pasar mucho más tiempo antes de que se empiece a utilizar en el mercado de vehículos de gran consumo.

Los aceros de alta resistencia han surgido para contrarrestar la disminución del uso de aceros convencionales, así como para evitar que el acero sea substituido por otros materiales como metales ligeros que reducen el peso del componente. El elevado peso del acero en comparación con los nuevos materiales es un rasgo característico desfavorable de este tipo de materiales.

La densidad de las aleaciones de los aceros, mucho mayor que la de otros metales, repercute en el peso final del componente, por lo que el diseño de estos materiales se ha visto enfocado hacia alcanzar aleaciones de aceros con mejores propiedades mecánicas.

Los aceros de alta y ultra alta resistencia ofrecen, respecto a los aceros convencionales, para un peso igual, mayor resistencia. Gracias a este hecho se puede disminuir el espesor del componente y alcanzar el objetivo de reducir el peso final del componente.

En la actualidad los aceros de alta y ultra alta resistencia se utilizan principalmente para la fabricación de la carrocería del vehículo, ya que presentan una elevada capacidad de absorción de energías de impacto, lo que mejora las condiciones de seguridad del auto.

Del grupo de los materiales compuestos, su aplicación más novedosa se centra en los compuestos de matriz metálica, MMC (metal matrix composites), de gran resistencia y bajo peso. En la composición de estos materiales se utilizan principalmente matrices de aluminio.

En la industria automotriz existe una marcada tendencia al diseño de partes utilizando diferentes materiales como Aluminio, Magnesio, Titanio, aceros de alta resistencia y plásticos, para su utilización en aquellas zonas del componente donde su aplicación sea más ventajosa, de acuerdo con la clase de material empleado.

A través de la búsqueda de patentes y artículos científicos en las distintas bases de datos, se pudo apreciar que la producción científica de América Latina es pobre y la de Colombia prácticamente nula en la investigación o invención relacionadas con los materiales metálicos y las autopartes.

Con la importante cantidad tanto de artículos científicos, como de patentes publicadas en los últimos años, se puede apreciar que los materiales metálicos para fabricar autopartes continúan siendo un campo vigente para la formulación y ejecución de proyectos de innovación y desarrollo tecnológico en estas áreas, lo cual se puede apoyar con los grupos de investigación en materiales presentes en el país.

Con los resultados se puede observar que importantes campos de acción en investigación con respecto a los materiales metálicos y su aplicación para fabricar autopartes, son el desarrollo de aleaciones y mejoramiento de las propiedades mecánicas de estas, con el fin de sustituir materiales en la producción de distintas partes, buscando mejores condiciones de seguridad y reducción de peso del vehículo.

Otra importante área de investigación es la utilización de software de simulación aplicable en diferentes campos, como en los procesos de fabricación y selección de materiales. Uno de estos análisis es por ejemplo, la simulación por elementos finitos del conformado de lámina metálica, lo cual se realiza para optimizar procesos de fabricación y mejorar la calidad de los productos, entre otros aspectos.

6. RECOMENDACIONES

Se debe estudiar e investigar más en el desarrollo de nuevos procesos de fabricación que hagan posible la optimización de los procesos de producción de partes para vehículos fabricados con nuevos o avanzados materiales, con el fin de mejorar la competitividad de la industria nacional en los mercados externos.

Se requiere de un profesional con una mayor formación, así como expertos conocedores de las características de los materiales y los requerimientos en el diseño tanto de las herramientas y equipos de procesado, como en sí de los propios componentes para vehículos.

Las empresas productoras de autopartes deberán adaptarse a la fabricación con nuevos procesos para estos materiales avanzados y también adquirir nuevos equipos, tanto de maquinaria como de herramientas.

En este sentido, en Colombia se deben estructurar programas de investigación centrados en el desarrollo de materiales ligeros, entre los que se puedan diferenciar, entre otros aspectos, aleaciones ligeras como Aluminio, Magnesio; materiales compuestos, como por ejemplo de matriz metálica y cerámica; recubrimientos cerámicos de aleaciones ligeras; utilización de aceros de alta resistencia, empleo de aleaciones de Titanio.

Se deben crear nuevas sinergias entre las ensambladoras asentadas en el país y los proveedores nacionales para la transferencia de tecnología en distintas áreas del conocimiento, aprovechando la experiencia de las primeras y sus relaciones con proveedores internacionales.

Monitorear continuamente el entorno del sector automotor colombiano para identificar posibles cambios en las necesidades del mercado y realizar así los ajustes requeridos en la estrategia de atención a esta industria.

Dado que es muy importante para un país contar en su aparato productivo con ensambladoras de automóviles, por su gran aporte en el desarrollo y transferencia de tecnología para un importante número de compañías proveedoras de partes, lo que a su vez conduce a que se impacte positivamente toda una cadena productiva, se deben diseñar e implementar mecanismos para que en Colombia más empresas y grupos de investigación en materiales, ejecuten trabajos que impulsen innovación y desarrollo tecnológico en estas áreas.

Impulsar la creación en las universidades de cátedras específicas en materiales avanzados con aplicaciones relacionadas al sector automotor, dada la trascendencia de este tema en otros sectores productivos por el aporte al desarrollo y transferencia tecnológica a numerosas empresas.

Fortalecer un centro de desarrollo tecnológico especializado para la industria automotriz colombiana, como existe en otros países y donde también se cree una red de apoyo conformada por otras instituciones, tanto nacionales como internacionales, como universidades, grupos y centros de investigación.

Establecer con algunos actores del Sistema Nacional de Innovación, al interior de una universidad o centro tecnológico, una unidad de vigilancia tecnológica específica para la industria automotriz, que constantemente monitoree el entorno y las tendencias tecnológicas aplicables, que emita alertas a los actores de esta cadena productiva para el conocimiento y la asimilación de las nuevas tecnologías emergentes.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. Escorsa y R. Maspons. *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. *Financial Times*. Madrid: Prentice Hall, 2001.
- [2] E. Sánchez Fernández. *Estrategia de innovación*. Barcelona: Thomson, 2005.
- [3] “Ciencia, Tecnología e Innovación, la autopista del siglo XXI”. *Claves para el Debate Público*, no. 9, pp. 2-15, ene. 2008.
- [4] Colciencias. *Programa nacional de prospectiva tecnológica e industrial 2003-2006*. Bogotá: Colciencias, 2006.
- [5] Colciencias. *Informe de vigilancia tecnológica y comercial en la cadena productiva de cacao-chocolate*. Medellín Colciencias, 2007.
- [6] V.A. Bucheli Guerrero. *Herramienta informática de vigilancia tecnológica para análisis socio-cognitivos de comunidades científicas*. Bogotá. Universidad Nacional, 2007.
- [7] G. Azkárate. “Tendencias Tecnológicas del Transporte, Horizonte de 2015. INASMET, Centro Tecnológico de Materiales”. *Economía industrial*, no. 342, 2001.
- [8] Departamento Nacional de Planeación (DIAN). *Cadenas productivas - Automotor. Estructuras, comercio internacional y protección*. Bogotá: DIAN, 2004.
- [9] J. Medina Vásquez y G. Rincón Bergman. *La prospectiva tecnológica e industrial. Contexto, fundamentos y aplicaciones*. Bogotá: Colciencias, 2006.
- [10] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. (2009) *Conociendo los sectores de clase mundial Colombia*. [En línea]. Disponible: <http://www.mincomercio.gov.co/eContent/newsdetail.asp?id=6569&idcompany>
- [11] Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. *Desarrollando sectores de clase mundial en Colombia. Informe final Sector Autopartes*. Bogotá: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, 2009.
- [12] J. Medina Vásquez. *Escenarios y estrategias de transformación productiva para Colombia: ¿Con que capacidades potenciamos cuáles sectores estratégicos?* Popayán: Colciencias, 2008.
- [13] E. Castell Pere y V. Pasola Jaume. *Manual de gestión e innovación tecnológica en la empresa*. Santiago de Chile: CINDA-AECI, 1997.

- [14] E. Cruz ; P. Escorsa y R. Maspons. *La vigilancia tecnológica en el sector de los nuevos materiales*. Madrid: IALE Tecnología, 2003.
- [15] CEIM. *La innovación: Un factor clave para la competitividad de las empresas*. Madrid: CEIM, 2001.
- [16] J. Vásquez Medina y M. Ortegón Edgar. *Manual de prospectiva y decisión estratégica: Bases teóricas e instrumentos para América Latina y el Caribe*. Chile: ILPES, 2006.
- [17] CETISME. *Inteligencia económica y tecnológica. Guía para principiantes y profesionales*. Madrid: CETISME, 2002.
- [18] P. Escorsa y P. Lazaro. *La inteligencia competitiva, factor clave para la toma de decisiones estratégicas en las organizaciones*. Madrid: Intec, 2007.
- [19] CEIM. PRO-IN. *La propiedad intelectual en la sociedad del conocimiento*. Madrid: CEIM, 2006.
- [20] C. Builes y y J.A. Manrique. *Las prioridades investigativas en ingeniería mecánica: Un estudio prospectivo en Antioquia*. Medellín: UPB, 2000.
- [21] A. Valencia Giraldo. *Materiales que hacen civilización*. Medellín: U de A, Unesco, 2002.
- [22] W. Smith y J. Hashemi. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. 4 ed. México: Thomson, 2007.
- [23] D. Askeland y P. Phulé Pradeep. *Ciencia e ingeniería de los materiales*. 4 ed. México: International Thompson, 2004.
- [24] L&L Products. (2010) *Information*. [En línea] Disponible: <http://www.llproducts.com/index.html>
- [25] Shape Corp. (2010) [En línea] Disponible: <http://www.shapecorp.com>
- [26] Aerojet. (2010) *Welcome to arojet*. [En línea] Disponible: <http://www.aerojet.com/home.php>
- [27] Nucor. (2010) *Home*. [En línea] Disponible: <http://www.nucor.com>
- [28] Tracaviation.com (2010) *Images*. [En línea] Disponible: <http://www.tracaviation.com/images/website%20staff%2%2.pdf>

- [29] Hyundai Motor Company. (2010) *Home*. [En línea] Disponible: <http://worldwide.hyundai.com>
- [30] Shell. (2010) *Inicio*. [En línea] Disponible: <http://www.shell.com>
- [31] Dow. (2010) *Inicio*. [En línea] Disponible: <http://www.dow.com>
- [32] JFE Steel Corporation. (2010) *JFE's Steel Sheets*. [En línea] Disponible: <http://www.jfe-steel.co.jp/en/products/sheets/index.html>
- [33] Integran. (2010) *Grain Boundary Engineering*. [En línea] Disponible: <http://www.integran.com/pages/gbepatforms.html>
- [34] Posco. (2010) *Projects Reference*. [En línea] Disponible: <http://www.posco.com/homepage/docs/eng/html/company/product/0c.html>
- [35] Kobelco. (2010) *Main Products*. [En línea] Disponible: http://www.kobelco.co.jp/english/corp/main_products/index.html
- [36] 3M. (2010) *Display and Graphics*. [En línea] Disponible: http://solutions.3m.com/wps/portal/3M/en_US/Products/ProdServ/Dir
- [37] Aleris International Inc. (2010) *Automotive*. [En línea] Disponible: <http://www.aleris.com/customer-products/americas/rp/industries-served/automotive>
- [38] Media.Ford.com (2010) *Wayne state school of business administration and ford global technologies to partner in entrepreneur fellowship program*. [En línea] Disponible: http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=31232
- [39] Dupont. (2010) *Automotive*. [En línea] Disponible: http://www2.dupont.com/Automotive/en_US
- [40] Magna. (2010) *Products & Services*. [En línea] Disponible: http://www.donnelly.com/xchg/vision_systems/XSL/standard.xsl/-/content/41_62.htm?rdeLocaleAttr=en
- [41] PPG Industries. (2010) *The power of teslin. Substrate*. [En línea] Disponible: <http://www.ppg.com/en/Pages/default.aspx>
- [42] Gentex Corporation. (2010) *Safety and innovation*. [En línea] Disponible: <http://www.gentex.com/automotive.html>
- [43] Deakin University. (2010) *School of Engineering*. [En línea] Disponible: <http://www.deakin.edu.au/scitech/eng>

[44] Media.Ford.com (2010) *Ford research & advanced engineering Europe ford research Centre Aachen.* [En línea] Disponible: http://media.ford.com/article_display.cfm?article_id=26765

[45] Cuicar. (2010) *About.* [En línea] Disponible: <http://www.cu-icar.com>

[46] General Motors Company. (2010) *Research and Development.* [En línea] Disponible: <http://www.gm.com/vehicles/innovation/research>


[47] Alcoa. (2010) *Automotive aluminum gains on steel for the 39th year in a row.* [En línea] Disponible: http://www.alcoa.com/car_truck/en/trends.asp

ANEXOS

FORMATOS ENCUESTAS Y LISTADO PANELISTAS

ANEXO A. FORMULARIOS EMPLEADOS EN LAS TRES RONDAS DELPHI

Cuestionario Ronda 1

PRIORIDADES INVESTIGATIVAS, DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y DE DESARROLLO EN MATERIALES METÁLICOS PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES PARA EL AÑO 2020				 Corporación Eco-eficiente <small>Innovación · Crecimiento · Competitividad</small>	
El objetivo de esta encuesta es identificar y priorizar las tecnologías, líneas de investigación y desarrollo más dinámicas e importantes en materiales metálicos para la fabricación de autopartes en la industria colombiana para el año 2020					
Nombre					
Profesión					
Posgrado					
E-Mail					
Empresa o Institución					
Fecha diligenciamiento					
INSTRUCCIONES: Por favor califique de 0 a 5 en orden de importancia cada uno de los temas siguientes. A varios temas de una misma pregunta se puede asignar la misma calificación o prioridad					
CALIFICACIÓN: 0. No será Importante - 1. Casi sin importancia - 2. Muy poco importante - 3. Importancia media - 4. Importancia alta - 5. Muy importante o alta prioridad - N: No Conoce Sobre el Tema					
PREGUNTA	CALIFICACIÓN	ID	TEMA	DESCRIPCIÓN	
MATERIALES METÁLICOS: ACEROS					
1. Importancia de los siguientes aspectos en la fabricación de autopartes con aceros avanzados		1.1	Tiempos de fabricación de las autopartes	Tiempo para fabricar determinada autoparte con aceros avanzados (HSLA, Dual Phase (DP), Trip, Twip, Fase Compleja)	
		1.2	Costes de fabricación de las autopartes	Afectación de los costes de fabricación de partes y de los autos	
		1.3	Formación y práctica en la utilización de estos materiales	Grado de conocimiento sobre la utilización de estos materiales por los fabricantes de partes	
		1.4	Materiales para la fabricación de matrices	Utilización de nuevos materiales para la fabricación de matrices o herramientas	
		1.5	Capacitación del personal	Nuevo entrenamiento o formación de personal involucrado en el tema	
2. Líneas de investigación y principales tecnologías en el empleo de aceros avanzados en un auto		2.1	Estudio del springback	Actividades de investigación alrededor del fenómeno de springback o recuperación elástica	
		2.2	Simulación por elementos finitos	Realización de simulación por elementos finitos en diferentes componentes de un vehículo	
		2.3	Estudio de las curvas de límite de conformabilidad de las láminas	Determinación de las curvas FLC o diagramas de límite de deformación de distintos materiales de las láminas o chapas empleados para fabricar autopartes	
		2.4	Preparación de superficies	Realización de actividades investigativas sobre acondicionamiento de superficies de diferentes partes de un auto	
		2.5	Reducción de peso de diversas partes	Actividades de investigación para tratar de alcanzar la disminución del peso de diferentes partes de un auto	
3. Que procesos podrán ser más empleados en la producción de autopartes con aceros avanzados		3.1	Tailored blanks	Unión de láminas a medida que consiste en soldar varios espesores de chapa diferentes en un único formato para estampar	
		3.2	Hidroconformado de tubos y lámina	Proceso que utiliza la fuerza hidrodinámica de fluidos como el agua para efectuar deformaciones en el metal	
		3.3	Soldadura láser	Aplicación de soldadura láser en diversos componentes de un automóvil	
		3.4	Procesos de estampado	Optimización procesos de conformado para fabricar autopartes	
		3.5	Mecanizado	Optimización procesos mecanizado cuando aplique en la fabricación de partes	
		3.6	Forja	Producción de autopartes por el proceso de forja	
		3.7	Fundición	Procesos de fundición con nuevas características para fabricar autopartes	


Cuestionario Ronda 1 (continuación)

MATERIALES METÁLICOS PARA AUTOMÓVILES: ALUMINIO			
4. En que partes para vehículo será más usado el Aluminio	4.1	Acondicionadores de aire	Estas partes de un automóvil fabricadas en Aluminio
	4.2	Partes de la carrocería	
	4.3	La carrocería completa	
	4.4	Bloque de motor	
	4.5	Culatas	
	4.6	Radiadores	
	4.7	Rines	
	4.8	Paneles internos y externos	
5. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes en Aluminio	5.1	Conformado electromagnético	Mejoramiento de la conformabilidad de los materiales mediante el aumento de la velocidad de deformación
	5.2	Hidroconformado de tubos	Deformación del material con la utilización de un fluido a determinadas presiones
	5.3	Conformado en caliente	Llevar el material a altas temperaturas para obtener una deformación con la aplicación de una determinada cantidad de esfuerzo
	5.4	Tratamientos superficiales	Preparación y recubrimiento de superficies para mejorar determinadas propiedades
	5.5	Mejoramiento de propiedades mecánicas	Mejoramiento de las propiedades mecánicas por cambios en la aleación o tratamientos térmicos, entre otros
	5.6	Estabilidad dimensional de las autopartes	Estabilidad dimensional de las partes fabricadas en Aluminio
	5.7	Resistencia a la fatiga del Aluminio	Estudios para determinar la resistencia a la fatiga en diversas piezas o aleaciones de Aluminio
6. Procesos más importantes que podrán ser empleados para la transformación del Aluminio	6.1	Fundición a alta y baja presión	En la fundición a baja presión el flujo de metal en la cavidad del molde es causado por la gravedad, mientras que la fundición a alta presión se inyecta el metal fundido en la cavidad del molde a alta presión
	6.2	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de Aluminio	Puede ser un material compuesto por tres capas que está formado por dos chapas de cubierta como Aluminio por ejemplo y una capa intermedia compuesta por un material como el Magnesio
	6.3	Thixomolding	Moldeo por inyección a alta velocidad de metales no ferrosos en estado semisólido tales como aluminio, cobre o magnesio
	6.4	Squeeze casting	Forjado de metal líquido donde este es vertido en la mitad de un molde y mientras este se solidifica, la otra mitad del molde ejerce presión
	6.5	Rheocasting	Proceso de fundición en el cual el metal fundido es agitado vigorosamente durante la solidificación
	6.6	Conformado electromagnético de alta velocidad	Mejoramiento de la conformabilidad de los materiales mediante el aumento de la velocidad de deformación
	6.7	Desarrollo del proceso de forja	Optimización de procesos de forja de partes en Aluminio para vehículo
	6.8	Desarrollo del proceso de extrusión	Optimización de procesos de extrusión de partes en Aluminio para vehículo

Cuestionario Ronda 1 (continuación)

MATERIALES METÁLICOS: MAGNESIO			
7. En que partes para vehículo podrá ser más usado el Magnesio	7.1	Armazón del volante	Estas partes de un automóvil fabricadas en Magnesio
	7.2	Traviesas del panel de instrumentos	
	7.3	Marcos interiores de puertas	
	7.4	Volante de dirección	
	7.5	Transmisión	
	7.6	Partes del chasis	
	7.7	Partes del motor	
	7.8	Rines	
8. Que procesos podrán ser más empleados en la transformación del Magnesio para producir autopartes	8.1	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de magnesio	Producción de una autoparte en acero con un inserto de Magnesio para obtener ciertas propiedades mejoradas
	8.2	Desarrollo del proceso de extrusión	Fabricación de algunas partes de Magnesio por el proceso de extrusión
	8.3	Desarrollo del proceso de forja	Fabricación de algunas partes de Magnesio por el proceso de forja
	8.4	Procesos de unión o soldadura	Aplicación de distintas técnicas de unión en la producción de una autoparte de Magnesio
9. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes de Magnesio	9.1	Desarrollo de Aleaciones	Formulación de nuevas aleaciones con base al Magnesio
	9.2	Desarrollo de fundiciones semi-sólidas	Desarrollo de las aleaciones semi-sólidas para aplicación de procesos como el Thixomolding o el Rheocasting
	9.3	Utilización de láminas de magnesio para fabricar componentes	Desarrollo de chapa metálica en Magnesio para procesos de conformado
	9.4	Desarrollo de lubricantes	Formulación de nuevos lubricantes a utilizar en los procesos de fabricación de autopartes con Magnesio
	9.5	Tecnologías de unión como soldaduras y adhesivos por difusión	Desarrollo y/o mejoramiento de técnicas de unión
	9.6	Resistencia a la fatiga	Mejoramiento de la propiedad mecánica de resistencia a la fatiga
MATERIALES METÁLICOS: TITANIO			
10. Que partes para vehículos fabricadas en Titanio podrán ser más utilizadas	10.1	Válvulas	Partes de un automóvil fabricadas en el metal Titanio
	10.2	Retenes	
	10.3	Bielas	
	10.4	Sistemas de escape	
	10.5	Frenos	
	10.6	Arbol del motor	
11. Que procesos de fabricación para la producción de autopartes en Titanio podrán ser más empleados	11.1	Forja	Proceso de fabricación por forja
	11.2	Fundición	Proceso de fundición para la fabricación de partes
	11.3	Conformado	Procesos asociados al conformado de lámina metálica
	11.4	Mecanizado	Mecanizado de autopartes fabricadas en Titanio
	11.5	Soldadura y otras técnicas de unión	Aplicación de procesos de soldadura para fabricar autopartes
12. Líneas de investigación y principales tecnologías en la fabricación de autopartes en Titanio	12.1	Mejoramiento de propiedades mecánicas a través de la micro estructura	Cambios en la microestructura cristalográfica del material para mejorar sus propiedades mecánicas
	12.2	Mejoramiento de los procesos de transformación	Mejoramiento de procesos como el conformado, por ejemplo
	12.3	Métodos de producción con costos menores	Reducción de costos de producción de partes
	12.4	Tratamientos de resistencia al desgaste y superficiales	Mejoramiento de propiedades antidesgaste
	12.5	Laminación del Titanio	Obtención de láminas de titanio
OBSERVACIÓN: Por favor comunicar si conoce otras tecnologías o líneas de investigación aplicables a esta encuesta			

Cuestionario Ronda 2

PRIORIDADES INVESTIGATIVAS, DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y DE DESARROLLO EN MATERIALES METÁLICOS PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES PARA EL AÑO 2020		 Corporación Eco-eficiente Innovación · Crecimiento · Competitividad	
TEMAS EN DISCUSIÓN (PARA CONSIDERAR HASTA MÁXIMO 6 COMO PRIORITARIOS)			
INSTRUCCIONES		Colocar una X en la casilla sombreada si considera que uno o varios TEMAS en Discusión de esta lista deben considerarse Prioritarios (como Máximo 6 TEMAS) , los cuales deben ser cambiados por otros en la Hoja de Temas Prioritarios. Explicar la	
PREGUNTA		PRIORIZACIÓN	
		No.	TEMAS
MATERIALES METÁLICOS: ACEROS AVANZADOS			
1. Importancia de los siguientes aspectos en la fabricación de autopartes con aceros avanzados	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	1.1 Tiempos de fabricación de las autopartes
	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	1.4 Materiales para la fabricación de matrices
2. Líneas de investigación y principales tecnologías en el empleo de aceros avanzados en un auto	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	2.1 Estudio del springback
	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	2.4 Preparación de superficies
3. Que procesos podrán ser más empleados en la producción de autopartes con aceros avanzados	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	3.3 Soldadura láser
	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	3.5 Mecanizado
	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	3.6 Forja
	<input type="checkbox"/>	Debe Considerarse Prioritario Porque:	3.7 Fundición

Cuestionario Ronda 2 (continuación)

MATERIALES METÁLICOS: ALUMINIO			
4. En que partes para vehículo será más usado el Aluminio	Debe Considerarse Prioritario Porque:	4.2	Partes de la carrocería
	Explicación:		
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	4.6	Radiadores
	Explicación:		
5. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes en Aluminio	Debe Considerarse Prioritario Porque:	5.2	Hidroconformado de tubos
	Explicación:		
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	5.3	Conformado en caliente
	Explicación:		
6. Procesos más importantes que podrán ser empleados para la transformación del Aluminio	Debe Considerarse Prioritario Porque:	6.2	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de Aluminio
	Explicación:		
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	6.3	Thixomolding
	Explicación:		
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	6.4	Squeeze casting
Explicación:			
Debe Considerarse Prioritario Porque:	6.8	Desarrollo del proceso de extrusión	
Explicación:			


Cuestionario Ronda 2 (continuación)

MATERIALES METÁLICOS: MAGNESIO			
7. En que partes para vehículo podrá ser más usado el Magnesio	Debe Considerarse Prioritario Porque:	7.1	Armazón del volante
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	7.8	Rines
8. Que procesos podrán ser más empleados en la transformación del Magnesio para producir autopartes	Debe Considerarse Prioritario Porque:	8.1	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de magnesio
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	8.2	Desarrollo del proceso de extrusión
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	8.3	Desarrollo del proceso de forja
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	8.4	Procesos de unión o soldadura
9. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes de Magnesio	Debe Considerarse Prioritario Porque:	9.3	Utilización de láminas de magnesio para fabricar componentes
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	9.4	Desarrollo de lubricantes
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	9.5	Tecnologías de unión como soldaduras y adhesivado por difusión
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	9.6	Resistencia a la fatiga

Cuestionario Ronda 2 (continuación)

MATERIALES METÁLICOS: TITANIO			
10. Que partes para vehículos fabricadas en Titanio podrán ser más utilizadas	Debe Considerarse Prioritario Porque:	10.2	Retenes
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	10.3	Bielas
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	10.6	Arbol del motor
11. Que procesos de fabricación para la producción de autopartes en Titanio podrán ser más empleados	Debe Considerarse Prioritario Porque:	11.1	Forja
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	11.2	Fundición
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	11.3	Conformado
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	11.4	Mecanizado
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	11.5	Soldadura y otras técnicas de unión
12. Líneas de investigación y principales tecnologías en la fabricación de autopartes en Titanio	Debe Considerarse Prioritario Porque:	12.1	Mejoramiento de propiedades mecánicas a través de la micro estructura
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	12.2	Mejoramiento de los procesos de transformación
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	12.4	Tratamientos de resistencia al desgaste y superficiales
	Debe Considerarse Prioritario Porque:	12.5	Laminación del Titanio

Cuestionario Ronda 3

PRIORIDADES INVESTIGATIVAS, DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA Y DE DESARROLLO EN MATERIALES METÁLICOS PARA LA FABRICACIÓN DE AUTOPARTES PARA EL AÑO 2020			 Corporación Eco-eficiente Innovación - Crecimiento - Competitividad		
NOMBRE					
INSTRUCCIONES					
Seleccionar de los dos listados de Temas Prioritarios y Temas en Discusión (escribiendo el número 1 en la casilla correspondiente), los 18 temas que considere que prioritariamente deberán investigarse en los materiales metálicos para la fabricación de partes para vehículos. En la Hoja de Razones Priorización encontrará argumentos a favor o en contra aportados por los participantes					
TEMAS PRIORITARIOS			TEMAS EN DISCUSIÓN		
PREGUNTA	No.	TEMAS	PREGUNTA	No.	TEMAS
MATERIALES METÁLICOS: ACEROS AVANZADOS			MATERIALES METÁLICOS: ACEROS AVANZADOS		
1. Importancia de los siguientes aspectos en la fabricación de autopartes con aceros avanzados	1.2	Costes de fabricación de las autopartes	1. Importancia de los siguientes aspectos en la fabricación de autopartes con aceros avanzados	1.1	Tiempos de fabricación de las autopartes
	1.3	Formación y práctica en la utilización de estos materiales		1.4	Materiales para la fabricación de matrices
	1.5	Capacitación del personal	2. Líneas de investigación y principales tecnologías en el empleo de aceros avanzados en un auto	2.1	Estudio del springback
2.2	Simulación por elementos finitos	2.4		Preparación de superficies	
2.3	Estudio de las curvas de límite de conformabilidad de las láminas	3.3		Soldadura láser	
2. Líneas de investigación y principales tecnologías en el empleo de aceros avanzados en un auto	2.5	Reducción de peso de diversas partes	3. Que procesos podrán ser más empleados en la producción de autopartes con aceros avanzados	3.5	Mecanizado
	3. Que procesos podrán ser más empleados en la producción de autopartes con aceros avanzados	3.4		Procesos de estampado	3.6
MATERIALES METÁLICOS: ALUMINIO				MATERIALES METÁLICOS: ALUMINIO	
4. En que partes para vehículo será más usado el Aluminio	4.1	Acondicionadores de aire	4. En que partes para vehículo será más usado el Aluminio	4.2	Partes de la carrocería
	4.4	Bloque de motor		4.6	Radiadores
	4.5	Culatas		4.8	Paneles internos y externos
5. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes en Aluminio	4.7	Rines	5. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes en Aluminio	5.3	Conformado en caliente
	5.4	Tratamientos superficiales		5.6	Estabilidad dimensional de las autopartes
6. Procesos más importantes que podrán ser empleados para la transformación del Aluminio	5.5	Mejoramiento de propiedades mecánicas	6. Procesos más importantes que podrán ser empleados para la transformación del Aluminio	6.2	Conformado de un compuesto de matriz metálica con alma de Aluminio
	5.7	Resistencia a la fatiga del Aluminio		6.4	Squeeze casting
MATERIALES METÁLICOS: MAGNESIO				MATERIALES METÁLICOS: MAGNESIO	
9. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes de Magnesio	6.1	Fundición a alta y baja presión	7. En que partes para vehículo podrá ser más usado el Magnesio	7.8	Rines
	9.1	Desarrollo de Aleaciones		8. Que procesos podrán ser más empleados en la transformación del Magnesio para producir autopartes	8.4
MATERIALES METÁLICOS: TITANIO			MATERIALES METÁLICOS: TITANIO		
10. Que partes para vehículos fabricadas en Titanio podrán ser más utilizadas	10.1	Válvulas	9. Líneas de investigación y principales tecnologías en el desarrollo de autopartes de Magnesio	9.5	Tecnologías de unión como soldaduras y adhesivado por difusión
	12. Líneas de investigación y principales tecnologías en la fabricación de autopartes en	12.3		Métodos de producción con costos menores	MATERIALES METÁLICOS: TITANIO
TOTAL 0			TOTAL 0		
TOTAL TEMAS PRIORITARIOS + TEMAS EN DISCUSIÓN			0		
TOTAL 0			0		

ANEXO B. LISTADO DE PARTICIPANTES EN LAS TRES RONDAS

Ronda 1

NOMBRE	PROFESIONAL	ESPECIALISTA	MAGISTER	DOCTORADO	ACADEMIA	EMPRESA	E-mail
Andrés Augusto Gomez Arias -AAGA-	Ing. Mecánico					Bonem S.A.	agomez@bonem.com.co
Andrés Felipe Velásquez Osorno -AFVO-	Ing. Mecánico				Corporación Eco-eficiente		a.fvelasquez@corpoeco.org
Alba Lucia Yara -ALY-	Ing. Industrial	Finanzas				Incolmotos-Yamaha S.A.	alyara@incolmotos-yamaha.com.co
Ana María Pérez Ceballos -AMPC-	Ing. Metalúrgica		Magister en Ciencia y Tecnología de Materiales		U de A		ampc@udea.edu.co
Adriana María Zea Toro -AMZT-	Ing. de materiales	Gerencia de proyectos				Diaco	admazeto@hotmail.com
Asdrúbal Valencia Giraldo -AVG-	Ing. Metalúrgico		M Sc. Metallurgical Engineering		U de A		avalen@udea.edu.co
Carlos Agudelo Loaiza -CAAL-	Ing. Mecánico				Corporación Eco-eficiente		c.agudelol@corpoeco.org
Carlos Alberto López -CAL-	Ing. Industrial					Madeal S.A.	calopez@madeal.com.co
Camilo Arango Restrepo -CAR-	Ing. Mecánico		Maestría en administración			Sofasa S.A.	carangor@sofasa.com.co
Carlos Arturo Rodríguez -CARA-	Ing. Mecánico		Maestría en Materiales		Eafit		carodri@eafit.edu.co
Claudia María Silva Velásquez -CMSV-	Ing. Metalúrgica		Maestría en Ingeniería. Línea de Materiales		U de A		materializarte@gmail.com
Claudia Patricia Serna Giraldo -CPSG-	Ing. Mecánica		Maestría en Materiales	Doctorado en Ingeniería Mecánica	U de A		claserna@udea.edu.co
Deisy Cristina Barrera Botero -DCBB-	Ing. de materiales					Cia general de aceros	decribabo@hotmail.com
Diego Hernán Giraldo V. -DHGV-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería Línea Materiales		U de A		diegoh@udea.edu.co
David Mazuera Robledo -DMR-	Ing. Mecánico		MSc Mechanical Engineering, Materiales		Corporación Eco-eficiente		d.mazuera@corpoeco.org
E. Alexander Ossa Henao -EAOH-	Ing. Mecánico			PhD Materiales	Eafit		eossa@eafit.edu.co
Gerardo Torres Camacho -GTC-	Ing. Metalúrgico			Doctorado en materiales	Ciateq		gerardo.torres@ciateq.mx
Héctor Dario Sanchez -HDS-	Ing. Metalúrgico		Maestría en Ingeniería, Línea Materiales		U de A		hsanchez@udea.edu.co
Henry F. Martínez M. -HFMM-	Ing. Mecánico					Fanalca S.A.	hmartinez@fanalca.com.co
Jaime Cano G. -JCG-	Diseñador					Colauto S.A.	jaime.cano@colauto.com.co
Juan Carlos Santamaría Piedrahita -JCSP-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería Industrial			Superpolo S.A.	juancarlos.santamariap@gmail.com
Edilberto Osorio Molina -JEO-	Ing. Metalúrgico	Especialización en materiales y procesos de ingeniería				ora Int. Business Metals	ediosorio@gmail.com
John Eyder Tierradentro Castaño -JETC-	Ing. Mecánico		Maestría en administración			Fanalca S.A.	jtieradentro@fanalca.com.co
John Jairo Hoyos Quintero -JJHQ-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería en el área de Materiales y Procesos		Conicet		jihoyosquintero@gmail.com
Jordant Rodrigo Bedoya Molina -JRBM-	Ing. Mecánico					Incolmotos-Yamaha S.A.	jordantbedoya@yahoo.es
Luis Eduardo Jaramillo Marín -LEJM-	Ing. Mecánico					Sofasa S.A.	ljaramillo@sofasa.com.co
Luis Fernando Orozco -LFO-	Ing. de materiales					Madeal S.A.	lorozco@madeal.com.co
Luis Felipe Trejos Trujillo -LFTT-	Ing. Mecánico	Gerencia para Ingenieros				Incametal S.A.	doperaciones@laminare.net
Lucio Iurman -LI-	Ing. Industrial				Universidad Nal. del Sur		lucioiurman@yahoo.com.ar
Oscar Orozco García -OOG-	Ing. Mecánico	Especialización en Sistemas Gerenciales de ingeniería				Fanalca S.A.	oorozco@fanalca.com.co
Rafael Carvajal -RC-	Ing. Metalúrgico					Cia general de aceros	rafael.carvajal@cga.com.co
Ricardo Moreno Sánchez -RMS-	Ing. Mecánico			Doctorado en diseño	U de A		rmoreno@udea.edu.co
Sergio Arango -SA-	Ing. Mecánico					Cia general de aceros	andres.arango@cga.com.co
Samuel A. Gómez Soto -SAGS-	Ing. Industrial		Maestría en administración			Sofasa S.A.	sgomez@sofasa.com.co
Salvador Bresó Bolinches -SBB-	Ing. Mecánico			Doctor en Ingeniería Mecánica	Aimme		sbreso@aimme.es
Xavier Gazulla Gascón -XGG-	Ing. de Procesos				Ascamm		xgazulla@ascamm.com
Luis Dary Castaño -LDC-	Ing. Mecánica					Sofasa S.A.	lcatano@sofasa.com.co

Ronda 2

NOMBRE	PROFESIONAL	ESPECIALISTA	MAGISTER	DOCTORADO	ACADEMIA	EMPRESA	E-mail
Andrés Augusto Gómez Arias -AAGA-	Ing. Mecánico					Bonem S.A.	agomez@bonem.com.co
Andrés Felipe Velásquez Osorno -AFVO-	Ing. Mecánico				Corporación Eco-eficiente		a.fvelasquez@corpoeo.org
Alba Lucia Yara	Ing. Industrial	Finanzas				Incolmotos-Yamaha S.A.	alyara@incolmotos-yamaha.com.co
Ana María Pérez Ceballos -AMPC-	Ing. Metalúrgica		Magister en Ciencia y Tecnología de Materiales		U de A		ampc@udea.edu.co
Adriana María Zea Toro -AMZT-	Ing. de materiales	Gerencia de proyectos				Diacó	admazeto@hotmail.com
Asdrúbal Valencia Giraldo -AVG-	Ing. Metalúrgico		M.Sc. Metallurgical Engineering		U de A		avalen@udea.edu.co
Carlos Agudelo Loiza -CAAL-	Ing. Mecánico				Corporación Eco-eficiente		c.agudelol@corpoeo.org
Camilo Arango Restrepo -CAR-	Ing. Mecánico		Maestría en administración			Sofasa S.A.	carangor@sofasa.com.co
Carlos Arturo Rodríguez -CARA-	Ing. Mecánico		Maestría en Materiales		Eafit		carodri@eafit.edu.co
Claudia María Silva Velásquez -CMSV-	Ing. Metalúrgica		Maestría en Ingeniería. Línea de Materiales		U de A		materializarte@gmail.com
Claudia Patricia Serna Giraldo -CPSG-	Ing. Mecánica		Maestría en Materiales	Doctorado en Ingeniería Mecánica	U de A		claserna@udea.edu.co
Deisy Cristina Barrera Botero -DCBB-	Ing. de materiales					Cia general de aceros	decribabo@hotmail.com
Diego Hernán Giraldo V. -DHGV-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería Línea Materiales		U de A		diegoh@udea.edu.co
David Mazuera Robledo -DMR-	Ing. Mecánico		MSc Mechanical Engineering. Materiales		Corporación Eco-eficiente		d.mazuera@corpoeo.org
E. Alexander Ossa Henao -EAOH-	Ing. Mecánico			PhD Materiales	Eafit		eossa@eafit.edu.co
Gerardo Torres Camacho -GTC-	Ing. Metalúrgico			Doctorado en materiales	Ciateq		gerardo.torres@ciateq.mx
Héctor Darío Sánchez -HDS-	Ing. Metalúrgico		Maestría en Ingeniería, Línea Materiales		U de A		hsanchez@udea.edu.co
Henry F. Martínez M -HFMM-	Ing. Mecánico					Fanalca S.A.	hmartinez@fanalca.com.co
Juan Carlos Santamaría Piedrahita -JCSP-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería Industrial			Superpolo S.A.	juancarlos.santamariap@gmail.com
Edilberto Osorio Molina -JEO-	Ing. Metalúrgico	Especialización en materiales y procesos de ingeniería				ora Int. Business Metals	ediosorio@gmail.com
John Eyder Tierradentro Castaño -JETC-	Ing. Mecánico		Maestría en administración			Fanalca S.A.	tierradentro@fanalca.com.co
John Jairo Hoyos Quintero -JIHQ-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería en el área de Materiales y Procesos		Conicet		jihoyosquintero@gmail.com
Jordant Rodrigo Bedoya Molina -JRBM-	Ing. Mecánico					Incolmotos-Yamaha S.A.	jordantbedoya@yahoo.es
Luis Eduardo Jaramillo Marín -LEJM-	Ing. Mecánico					Sofasa S.A.	ljaramillo@sofasa.com.co
Luis Felipe Trejos Trujillo -LFTT-	Ing. Mecánico	Gerencia para Ingenieros				Incmetal S.A.	doperaciones@laminair.net
Lucio Iurman -LI-	Ing. Industrial				Universidad Nal. del Sur		lucioiurman@yahoo.com.ar
Oscar Orozco García -OOG-	Ing. Mecánico	Especialización en Sistemas Gerenciales de ingeniería				Fanalca S.A.	oorozco@fanalca.com.co
Ricardo Moreno Sánchez -RMS-	Ing. Mecánico			Doctorado en diseño	U de A		rmoreno@udea.edu.co
Samuel A. Gómez Soto -SAGS-	Ing. Industrial		Maestría en administración			Sofasa S.A.	sgomez@sofasa.com.co
Luz Dary Castaño -LDC-	Ing. Mecánica					Sofasa S.A.	lcatano@sofasa.com.co

Ronda 3

NOMBRE	PROFESIONAL	ESPECIALISTA	MAGISTER	DOCTORADO	ACADEMIA	EMPRESA	E-mail
Andrés Felipe Velásquez Osorno -AFVO-	Ing. Mecánico				Corporación Eco-eficiente		a.fvelasquez@corpoecco.org
Alba Lucia Yara -ALY-	Ing. Industrial	Finanzas				Yamaha S.A.	alyara@incolomotos-yamaha.com.co
Ana María Pérez Ceballos -AMPC-	Ing. Metalúrgica		Magister en Ciencia y Tecnología de Materiales		U de A		ampc@udea.edu.co
Asdrúbal Valencia Giraldo -AVG-	Ing. Metalúrgico		M Sc. Metallurgical Engineering		U de A		avalen@udea.edu.co
Carlos Agudelo Loaiza -CAAL-	Ing. Mecánico				Corporación Eco-eficiente		c.agudelo@corpoecco.org
Camilo Arango Restrepo -CAR-	Ing. Mecánico		Maestría en administración			Sofasa S.A.	carangor@sofasa.com.co
Carlos Arturo Rodríguez -CARA-	Ing. Mecánico		Maestría en Materiales		Eafit		carodri@eafit.edu.co
Claudia María Silva Velásquez -CMSV-	Ing. Metalúrgica		Maestría en Ingeniería. Línea de Materiales		U de A		materializarte@gmail.com
Claudia Patricia Serna Giraldo -CPSG-	Ing. Mecánica		Maestría en Materiales	Doctorado en Ingeniería Mecánica	U de A		claserna@udea.edu.co
Deisy Cristina Barrera Botero -DCBB-	Ing. de materiales					Cia general de aceros	decribabo@hotmail.com; deisy.barrera@cga.com.co
Diego Hernán Giraldo V. -DHGV-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería Línea Materiales		U de A		diegoh@udea.edu.co
David Mazuera Robledo -DMR-	Ing. Mecánico		MsC Mechanical Engineering. Materiales		Corporación Eco-eficiente		d.mazuera@corpoecco.org
E. Alexander Ossa Henao -EAOH-	Ing. Mecánico			PhD Materiales	Eafit		eossa@eafit.edu.co
Gerardo Torres Camacho -GTC-	Ing. Metalúrgico			Doctorado en materiales	Ciateq		gerardo.torres@ciateq.mx
Héctor Dario Sanchez -HDS-	Ing. Metalúrgico		Maestría en Ingeniería, Línea Materiales		U de A		hsanchez@udea.edu.co
Henry F Martínez M -HFMM-	Ing. Mecánico					Fanalca S.A.	hmartinez@fanalca.com.co
Juan Carlos Santamaría Piedrahita -JCSP-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería Industrial			Superpolo S.A.	juancarlos.santamariap@gmail.com
Edilberto Osorio Molina -JEO-	Ing. Metalúrgico	Especialización en materiales y procesos de ingeniería				adora Int. Business Metals	ediosorio@gmail.com
John Eyder Tierradentro Castaño -JETC-	Ing. Mecánico		Maestría en administración			Fanalca S.A.	jtterradentro@fanalca.com.co
John Jairo Hoyos Quintero -JHQ-	Ing. Mecánico		Maestría en Ingeniería en el área de Materiales y Procesos		Conicet		jjhoyosquintero@gmail.com
Jordant Rodrigo Bedoya Molina -JRBM-	Ing. Mecánico					Incolmotos-Yamaha S.A.	jordantbedoya@yahoo.es
Luis Eduardo Jaramillo Marín -LEJM-	Ing. Mecánico					Sofasa S.A.	ljaramillo@sofasa.com.co
Luis Felipe Trejos Trujillo -LFTT-	Ing. Mecánico	Gerencia para Ingenieros				Laminaire S.A.	doperaciones@laminaire.net
Lucio Iurman -LI-	Ing. Industrial				Universidad Nal. del Sur		lucioiurman@yahoo.com.ar
Oscar Orozco García -OOG-	Ing. Mecánico	Especialización en Sistemas Gerenciales de ingeniería				Fanalca S.A.	oorozco@fanalca.com.co
Ricardo Moreno Sánchez -RMS-	Ing. Mecánico			Doctorado en diseño	U de A		rmoreno@udea.edu.co
Samuel A. Gómez Soto -SAGS-	Ing. Industrial		Maestría en administración			Sofasa S.A.	sgomez@sofasa.com.co
Luz Dary Castaño -LDC-	Ing. Mecánica					Sofasa S.A.	lcatano@sofasa.com.co