

ESTUDIO PROSPECTIVO TECNOLÓGICO DE COMBUSTIBLES  
ALTERNATIVOS PARA AUTOMÓVILES

FELIPE GÄRTNER ESCOBAR  
SANTIAGO LONDOÑO VELÁSQUEZ

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2009

ESTUDIO PROSPECTIVO TECNOLÓGICO DE COMBUSTIBLES  
ALTERNATIVOS PARA AUTOMÓVILES

FELIPE GÄRTNER ESCOBAR  
SANTIAGO LONDOÑO VELÁSQUEZ

Proyecto de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Asesor:

Ingeniero Mecánico Luís Alberto Mora Gutiérrez

UNIVERSIDAD EAFIT  
ESCUELA DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2009

## DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado a quienes con su apoyo y colaboración han contribuido a nuestro desarrollo personal y profesional.

A nuestros padres y hermanos, por todo el soporte y la comprensión que tuvieron con nosotros en esta etapa de nuestras vidas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Luis Alberto Mora Gutiérrez por su apoyo y asesoría para que el proyecto cumpliera a cabalidad los objetivos planteados, además de su apoyo incondicional y desinteresado.

A todas las personas que de una u otra manera contribuyeron de forma desinteresada en la elaboración de este proyecto.

A la Universidad Eafit y sus docentes por el conocimiento recibido.

## CONTENIDO

	pág.
0. PRÓLOGO .....	14
0.1 INTRODUCCIÓN .....	14
0.2 JUSTIFICACIÓN .....	16
0.3 OBJETIVOS .....	17
0.3.1 General.....	17
0.3.2 Específicos .....	17
1. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA TECNOLÓGICA.....	19
1.1 OBJETIVO.....	19
1.2 INTRODUCCIÓN .....	19
1.3 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES.....	19
1.4 MÉTODOS FUTURÍSTICOS .....	28
1.4.1 Clasificación de los métodos futurísticos.....	29
1.4.2 Proyectiva.....	31
1.4.3 Transición o Turbulencia .....	31
1.4.4 Prospectiva.....	32
1.4.5 Validez de los métodos futurísticos .....	33
1.5 GESTIÓN TECNOLÓGICA .....	34
1.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	37
2. COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS.....	38
2.1 OBJETIVO.....	38
2.2 INTRODUCCIÓN .....	38
2.3 HIDRÓGENO .....	39
2.3.1 Producción .....	41
2.3.2 Beneficios.....	42
2.4 ELECTRICIDAD .....	43
2.4.1 Baterías .....	44

2.4.2	Medio ambiente.....	45
2.4.3	Ventajas y desventajas .....	46
2.5	BIODIÉSEL .....	46
2.5.1	Producción .....	48
2.5.2	Ventajas y desventajas .....	48
2.6	GAS NATURAL .....	49
2.6.1	Contaminación .....	50
2.6.2	Ventajas y desventajas .....	51
2.7	ETANOL.....	52
2.7.1	Mezclas .....	53
2.7.2	Producción .....	54
2.7.3	Ventajas y desventajas .....	55
2.7.4	Medio ambiente.....	55
2.8	OTROS.....	57
2.9	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	58
3.	MÉTODOS FUTURÍSTICOS.....	59
3.1	OBJETIVO.....	59
3.2	INTRODUCCIÓN .....	59
3.3	ENTREVISTAS DE PROFUNDIDAD.....	60
3.4	BÚSQUEDA DE FUTURIBLES .....	61
3.5	TÉCNICA DE DELFOS CON CUARTILES .....	61
3.6	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE IMPACTOS CRUZADOS MIC MAC .....	62
3.7	TABLERO DE INFLUENCIAS DE J.F. LEFEBVRE .....	65
3.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	65
4.	APLICACIÓN PROSPECTIVA.....	67
4.1	OBJETIVO.....	67
4.2	INTRODUCCIÓN .....	67
4.3	IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	67
4.4	INSTRUMENTO 1 .....	69
4.5	INSTRUMENTO 2 .....	76

4.6	RESULTADOS .....	77
4.7	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	85
4.7.1	Tablero de Lefebvre .....	90
4.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO .....	91
5.	CONCLUSIONES .....	92
5.1	TÉCNICAS .....	92
5.2	ACADÉMICAS.....	95
6.	BIBLIOGRAFIA .....	96

## LISTA DE ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Elaboración moderna de estrategias decisionales y futurísticas. ....	20
Ilustración 2. Elaboración de las estrategias corporativa y tecnológica. ....	21
Ilustración 3. Proceso de planeación tecnológica. ....	23
Ilustración 4. Alcance del futuro mediante procesos de cambio en el tiempo. ....	26
Ilustración 5. Elaboración de las estrategias a partir del estado futuro. ....	27
Ilustración 6. Tipos de previsiones según su aplicación. ....	30
Ilustración 7. Gestión tecnológica. ....	34
Ilustración 8. Funciones principales de la gestión tecnológica. ....	35
Ilustración 9. Diagrama de flujo de la gestión tecnológica. ....	36
Ilustración 10. Diagrama que explica la producción del biodiésel. ....	48
Ilustración 11. Comparación de emisiones de combustibles automotrices. ....	50
Ilustración 12. Etapas de la técnica de delfos con cuartiles. ....	61
Ilustración 13. Mapa arquitectónico estratégico indirecto. ....	64
Ilustración 14. Lectura de los mapas en el tiempo. ....	65
Ilustración 15. Instrumento 1. ....	69
Ilustración 16. Histograma de frecuencias - Instrumento 1. ....	74
Ilustración 17. Instrumento 2. ....	77
Ilustración 18. Matriz de promedios. ....	78
Ilustración 19. Matriz de relación directa. ....	78
Ilustración 20. Valores de motricidad y dependencia. ....	79
Ilustración 21. Análisis de elasticidad motricidad. ....	80
Ilustración 22. Análisis de estabilidad dependencia. ....	81
Ilustración 23. Cambio de variables. ....	82
Ilustración 24. Mapas arquitectónicos de relación directa. ....	83
Ilustración 25. Mapa arquitectónico matriz indirecta cruzada. ....	84
Ilustración 26. Análisis de las variables en el tiempo. ....	87



Ilustración 27. Análisis integral.....89

Ilustración 28. Tablero de influencias de Lefebvre.....90

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Etapas de la planeación estratégica tecnológica .....	22
Tabla 2. Herramientas para gestionar los recursos tecnológicos.....	25
Tabla 3. Clasificación de las organizaciones según acciones de desarrollo.....	27
Tabla 4. Tipos de pronósticos - Modelos de prospectiva y proyectiva.....	29
Tabla 5. Aspectos básicos que debe cumplir un método futurístico. ....	33
Tabla 6. Densidades energéticas de diversos combustibles. ....	39
Tabla 7. Propiedades y datos del hidrógeno.....	41
Tabla 8. Métodos de producción de hidrógeno.....	42
Tabla 9. Propiedades y datos de la electricidad.....	44
Tabla 10. Comparación de vehículos convencionales y eléctricos. ....	45
Tabla 11. Ventajas y desventajas de la electricidad como combustible.....	46
Tabla 12. Propiedades y datos del biodiésel. ....	47
Tabla 13. Ventajas y desventajas del biodiésel como combustible.....	49
Tabla 14. Propiedades y datos del gas natural.....	52
Tabla 15. Modificaciones del motor según la mezcla.....	54
Tabla 16. Materias primas para producir etanol.....	54
Tabla 17. Ventajas y desventajas del etanol como combustible.....	55
Tabla 18. Propiedades y datos del etanol.....	56
Tabla 19. Otros Combustibles alternativos. ....	57
Tabla 20. Tipos de variables mapa arquitectónico.....	63
Tabla 21. Definición de las variables para el instrumento 1.....	68
Tabla 22. Resultados iniciales - Instrumento 1. ....	70
Tabla 23. Estimación de una media.....	71
Tabla 24. Estimación de una proporción.....	72
Tabla 25. Determinación del tamaño de la muestra.....	73
Tabla 26. Resultados generales de todas las variables.....	75

Tabla 27. Posición de las variables en los mapas arquitectónicos. ....	85
Tabla 28. Movimiento de las variables. ....	85
Tabla 29. Análisis de las variables en el tiempo. ....	88

## 0. PRÓLOGO

### 0.1 INTRODUCCIÓN

La energía que entregan los combustibles es necesaria para la vida, en una u otra de sus muchas formas el ser humano la utiliza cada día, proporciona fuerza, calor y luz, permite que las industrias y la maquinaria funcionen para generar los bienes que utiliza.

El petróleo es una fuente de energía y recurso natural no renovable, es el recurso energético de mayor importancia en el mundo, alrededor de un 40% de la energía consumida se deriva del petróleo. De agotarse puede generarse una catástrofe porque muchos sectores de la economía alcanzarían niveles críticos, principalmente aquellos que se relacionan con los medios masivos de transporte y todos los productos derivados, como los plásticos y las fibras sintéticas entre otros (López, y otros, 2002).

Los hidrocarburos transforman la vida de las personas y la economía de las naciones. Su descubrimiento crea riqueza, modernidad, pueblos industriales prósperos, nuevos empleos y motivan el crecimiento de las industrias (IMX@, 2008). Pero de igual forma al ser un bien tan codiciado es responsable de conflictos bélicos en algunas partes del mundo, especialmente en Medio Oriente (AOP@, 2008).

Los vehículos con motor de combustión interna, son la fuente de mayor contaminación ambiental, los generadores principales de monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), compuestos orgánicos volátiles (cov), y gases responsables del efecto invernadero (CO<sub>2</sub> y metano). Estos son unos de los principales responsables del calentamiento global que tiene como principales consecuencias el aumento de la temperatura, sequias, tormentas más intensas,

propagación de enfermedades y deshielo de los polos, entre otros (Schifter, y otros, 1998).

Un contexto legal exigente, con normativas medioambientales cada vez más estrictas y el lento pero inexorable agotamiento de las reservas de petróleo, impulsan a la industria a optar por energías alternativas a los combustibles fósiles convencionales, para un planeta cuyo imparable consumo de energía no puede traducirse en un aumento de la contaminación y del deterioro medioambiental (Zuluaga, y otros, 2003).

La industria automotriz explora nuevas alternativas de combustibles como el hidrógeno, la electricidad, el gas natural, biocombustibles, híbridos, entre otros. Numerosos estudios e investigaciones se realizan al respecto para el desarrollo de estas tecnologías, las cuales se prueban en vehículos concepto para analizar su comportamiento y viabilidad.

La búsqueda de fuentes energéticas alternativas para los automóviles, es el principal reto al que se enfrenta la industria automotriz a nivel mundial. El desarrollo de nuevas energías alternativas es la principal preocupación del sector, a la que se suma la producción de vehículos de bajo costo con motores híbridos, con el fin de satisfacer la creciente demanda de estos productos (EUP@, 2008).

La generación de este tipo de energías tiene un gran potencial en Colombia por su posición geográfica, por eso el gobierno nacional en los últimos años invierte en el desarrollo y aplicación de tecnologías alternativas de producción de energía, que funcionen con recursos renovables, para solucionar el problema de la crisis energética mundial y contribuir a un medio ambiente más limpio (ME@, 2007).

## 0.2 JUSTIFICACIÓN

La dependencia, contaminación, los altos precios y la disminución de las reservas de petróleo son factores determinantes que motivan numerosos estudios e investigaciones sobre combustibles alternativos. Hasta el año 2008 la implementación de estas tecnologías se limita a pequeños lotes de producción y autos concepto pero se prevé que en un futuro no muy lejano tomen fuerza.

El parque automotor colombiano se incrementa debido a la ampliación de la demanda y a precios más atractivos, esto contribuye al aumento de la contaminación atmosférica como resultado de los gases que son emitidos por los vehículos. El 41% de la contaminación del aire en el país se genera de manera concentrada en las principales ciudades de Colombia, de este porcentaje las fuentes móviles (vehículos) generan el 86% de la contaminación atmosférica. Los estudios indican que la polución del aire cuesta 1% del PIB al año (Suárez, 2006).

El proyecto proporciona información sobre la prospección de los diferentes combustibles alternativos durante los próximos 15 años vista, lo que permite tener una visión más clara sobre el panorama que se avecina. Esto facilita identificar posibilidades de negocio a futuro ya que las nuevas tecnologías demandan equipos y maquinaria especializada que debe ser importada o fabricada.

La planeación estratégica permite determinar por medio de análisis las posiciones que se desean alcanzar a futuro, se relaciona con el porvenir de las decisiones actuales, y no trata de tomar decisiones futuras. Esta permite determinar las posibles alternativas, y al escoger unas alternativas, se convierten en la base para tomar decisiones presentes.

Los Métodos Futurísticos son herramientas que permiten evaluar el futuro de diferentes formas según el entorno, el tiempo de aplicación y la fuente. Para el análisis a largo plazo (entre 2 y 22 años vista) se recomienda la utilización de

métodos prospectivos, estos son un conjunto de conceptos y técnicas para la previsión del comportamiento futuro de diferentes variables e identifican oportunidades y amenazas al desarrollo tecnológico, señalando las demandas para las tecnologías (Mora, 2009).

### 0.3 OBJETIVOS

#### 0.3.1 General

Prospectar las posibilidades de combustibles alternativos durante los próximos 15 años vista, mediante la aplicación de un conjunto lógico de modelos futurísticos.

#### 0.3.2 Específicos

##### 0.3.2.1. Objetivo 1.

Registrar los fundamentos de planeación estratégica tecnológica con métodos futurísticos. Nivel 1 – Conocer.

##### 0.3.2.2. Objetivo 2.

Reconocer diferentes combustibles alternativos que se hayan usado, se estén utilizando o se puedan emplear a futuro a nivel mundial. Nivel 2 – Comprender.

##### 0.3.2.3. Objetivo 3.

Describir los métodos prospectivos, con el fin de constituir la futurología de combustibles alternativos desde la óptica de la gestión tecnológica. Nivel 2 – Comprender.

##### 0.3.2.4. Objetivo 4.

Aplicar los diferentes métodos de la futurología a expertos en combustibles alternativos futuros, en aras de encontrar los más opcionados para el periodo 2009-2024. Nivel 3 – Aplicar.

0.3.2.5. Objetivo 5.

Concluir los principales resultados obtenidos.



## 1. PLANEACIÓN ESTRATÉGICA TECNOLÓGICA

### 1.1 OBJETIVO

Registrar los fundamentos de planeación estratégica tecnológica con métodos futurísticos. Nivel 1 – Conocer.

### 1.2 INTRODUCCIÓN

La planificación es una de las cuatro funciones básicas de la dirección, se considera históricamente como un ejercicio de sentido común para conocer hacia dónde se va y dónde se está, es decir, un razonamiento acerca de lo que se quiere en el futuro. Sin embargo, el mundo contemporáneo, se caracteriza por un entorno complejo, competitivo y cambiante. A la planificación se le reconoce un carácter estratégico, puesto que no se trata sólo de prever un camino sobre el que se transita, sino que se busca anticipar su rumbo y, si es posible, cambiar su destino (Álvarez, 1997).

Los conceptos principales de la planeación estratégica tecnológica, los métodos futurísticos y la gestión tecnológica se examinan en este capítulo.

## DESARROLLO

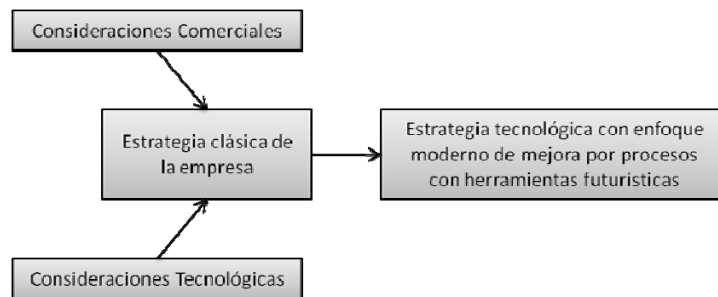
### 1.3 FUNDAMENTOS CONCEPTUALES

La planeación estratégica es el proceso de evaluación sistemática de la naturaleza de un negocio, donde se definen los objetivos a largo plazo, se identifican metas y objetivos cuantitativos, se desarrollan estrategias para alcanzar dichos objetivos y se localizan recursos para llevar a cabo dichas estrategias. Se trata de establecer las pautas que llevan a maximizar el beneficio, reduciendo en todo momento las posibilidades de error frente a las posibilidades de éxito (Costa, 2008).

Los conceptos de visión, misión, valores, metas, entre otros empresariales, se integran mediante la planeación estratégica clásica, a partir de las consideraciones comerciales, su aplicación está limitada por el devenir tecnológico del mundo, donde lo que domina de manera relevante en los mercados en un pequeño instante de tiempo es la tecnología, es esta última la que marca el desarrollo y el éxito comercial de las organizaciones. Es necesario considerar a la hora de elaborar estrategias, tanto las razones comerciales, como la tecnología (Mora, 2009).

La tecnología por sí sola no se desarrolla ni se gestiona, es necesario planificarla, mediante identificación y evaluación de las oportunidades y amenazas, tal como se diseñan los planes estratégicos de las empresas. Cuando esto no se realiza, las consecuencias suelen ser muy graves, el impacto de la tecnología va más allá de las empresas, aunque algunas, parezcan ser insensibles a ella en términos de mercados y productos al perder capacidad de reacción ante la competencia (Castro, 2000).

Ilustración 1. Elaboración moderna de estrategias decisionales y futurísticas.



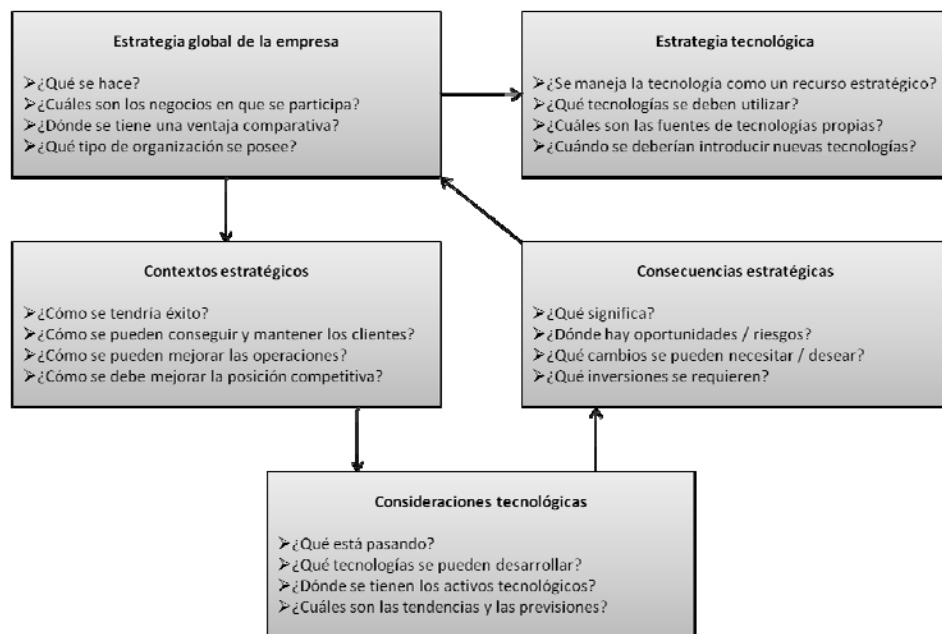
(Mora, 2009).

Las tecnologías influyen de tal manera en las organizaciones que es necesario involucrarlas para poder realizar una planeación estratégica clásica tecnológica adecuada a las necesidades futuras. Las estrategias corporativas y tecnológicas deben elaborarse a través de un proceso iterativo en la que ambas queden

definidas simultáneamente. La elaboración de la estrategia, tanto corporativa como tecnológica, dista mucho de ser un proceso determinista, al contrario, se trata de un proceso que admite soluciones muy creativas (Escorsa, y otros, 1991).

La siguiente ilustración completa el esquema presentado en la ilustración 1 añadiendo algunos pasos intermedios que involucran la participación de diferentes áreas en el proceso de elaboración de la estrategia corporativa.

Ilustración 2. Elaboración de las estrategias corporativa y tecnológica.



(Mora, 2009).

La verdadera planeación estratégica tecnológica involucra de por sí a la clásica, su proceso se lleva a cabo en seis etapas bien delimitadas entre sí, cada una conlleva la utilización de métodos propios que permiten a la empresa hacer un diagnóstico integral, en un contexto internacional, para visualizar su futuro en el presente (Mora, 2009).

Tabla 1. Etapas de la planeación estratégica tecnológica

Función	Descripción
Inventariar	Se realiza una descripción de las tecnologías existentes en la organización, se contrastan con un análisis de tecnologías existentes en el entorno. La clasificación depende del tipo de procesos que se llevan a cabo. Una clasificación apropiada podría considerar tecnologías duras, blandas, medulares, periféricas, empaquetadas, desempaquetadas, claves y básicas. Durante esta fase se determina el papel de la tecnología, entendiendo esta como una aplicación metódica de conocimientos científicos y empíricos para la satisfacción de las necesidades y demandas de la sociedad. Así concebida, es la articulación entre los conocimientos y las necesidades sociales.
Vigilar	La vigilancia tecnológica es una actividad de monitoreo realizada para conocer nuevos mercados, productos, tecnologías (emergentes) que se encuentran en fase de desarrollo y que prometen impactar en forma sensible los intereses de la organización. La actividad anterior es útil para focalizar los esfuerzos en esta vigilancia a aspectos realmente importantes, esto puede ser apoyado por análisis prospectivos sobre tecnología.
Evaluar	Los resultados de inventariar y vigilar se deben relacionar de manera que se puedan determinar posibles líneas de interés o aspectos positivos o negativos de distintas opciones resultantes de la integración de tecnologías inventariadas y vigilancia efectuada. En esta fase existen diversas herramientas, como el árbol tecnológico, la matriz atractivo tecnológico – posición tecnológica y la prospectiva tecnológica, entre otras.
Enriquecer	Se analizan las fortalezas de la organización para emprender desarrollos tecnológicos del tipo que se han descrito en la evaluación. Se llega a concluir que tecnologías deben ser obtenidas en conjunto con otras organizaciones y cuales pueden conseguirse con los recursos que dispone la organización, sin acudir a entes externos.
Optimizar	Una vez se determinan fortalezas y debilidades, en cuanto al desarrollo de tecnologías de interés para la compañía, se detectan algunas herramientas que podrían ayudar a efectuar este proceso: árbol tecnológico dual, análisis de tecnologías emergentes, cartera de tecnologías, matriz de posición tecnológica competitiva y madurez de las actividades de la empresa. En este punto ya se han seleccionado los aspectos más importantes para la organización, basándose en las estrategias diseñadas en el plan estratégico.
Proteger	Se determina qué tipo de proyectos requieren medidas legales o figuras de protección porque representan una tecnología que puede agregar valor y diferenciar a la organización de otras que se muevan en el mismo sector.

(Sánchez, y otros, 2005).

Las etapas de protección y vigilancia son netamente fases estratégicas de orden futurista, donde los procesos que se llevan a cabo pretenden determinar los desarrollos tecnológicos y comerciales que aparecen en el porvenir, con el fin de preparar estratégicamente a la empresa desde el presente (Mora, 2009).

El proceso de planeación tecnológica requiere información pertinente sobre las tecnologías que se relacionan con los procesos productivos que se desarrollan en la compañía. En primer lugar se debe diseñar una estrategia tecnológica que tenga las siguientes actividades: Inventariar, Vigilar, Evaluar, Enriquecer, Optimizar y Proteger. Con este material se puede efectuar como segundo paso el diseño de perfiles de proyectos de Investigación y Desarrollo (I+D) que recogen la estrategia y la hacen tangible en actividades de inversión, investigación y alianzas estratégicas, entre otros (Sánchez, y otros, 2005).

Ilustración 3. Proceso de planeación tecnológica.

(Sánchez, y otros, 2005).

La planificación estratégica tiene dos connotaciones relativamente diferentes, realizar un mapa de las probables decisiones futuras o diseñar una ruta de acción para el futuro. En ambos casos se enfrenta a la incertidumbre de qué puede pasar en el futuro y cómo actuar de manera conveniente para cumplir los propósitos fundamentales (Providenzia@, 2005).

La estrategia tecnológica se plasma en un plan de desarrollo tecnológico, que debe incluir los distintos programas de acción. Este plan debe estar integrado en el estratégico global. En este se deben hacer explícitas las opciones tecnológicas y exponer con claridad (Escorsa, y otros, 1991):

- La distribución del presupuesto destinado a la tecnología.
- Las modalidades de acceso a la tecnología.
- La elección de la posición competitiva en las diversas tecnologías.
- El grado de intensidad, dificultad y riesgo en las tecnologías existentes.

La tecnología se entiende erradamente como un aspecto que solamente tiene que ver con actividades de la producción a través de los cuestionamientos sobre cómo mejorar un producto existente, cómo ingeniar uno nuevo y cómo hacer más productos. Pero en realidad es una herramienta que está vinculada con todas las actividades de la empresa (Providenzia@, 2005).

El diseño de la estrategia global de la empresa utiliza diversas herramientas o instrumentos que suelen ser muy útiles al momento de reflexionar, analizar situaciones, hacer preguntas y sugerir alternativas, lo que favorece la toma de decisiones acertadas (Sánchez, y otros, 2005).

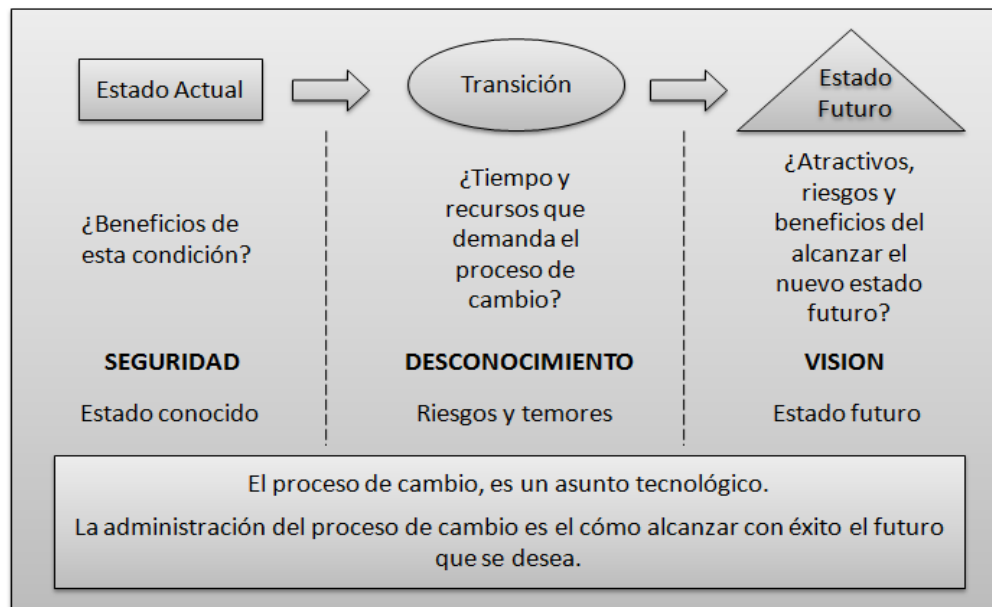
Tabla 2. Herramientas para gestionar los recursos tecnológicos.

Función	Herramienta	Descripción de la herramienta
Inventariar	Matriz Tecnológica de producto	La reflexión estratégica debe estar antecedida por una lista de tecnologías que la empresa domina. No se trata de una tarea banal, que pueda efectuarse la ligera, sino que requiere una atención especial ya que servirá de base para diagnosticar la situación y elaborar la estrategia con sus correspondientes planes de acción. En la realización del inventario es importante relacionar, sobre todo, las tecnologías clave, incipientes o emergentes que la empresa conoce.
Vigilar	Alerta Tecnológica	La empresa debe sistematizar sus fuentes de información para estar al día en las tecnologías incipientes y emergentes. La misión de la alerta tecnológica es proporcionar información sobre aparición y evolución de las nuevas tecnologías, impacto posible sobre las actividades de la empresa, es decir, oportunidades y amenazas tecnológicas y de negocio, dinámica de la nueva tecnología y acciones futuras de los competidores. Una alerta efectiva de llevar a la internalización o apropiación de las nuevas tecnologías de interés de la empresa.
Evaluar	Matriz atractivo tecnológico -Posición tecnológica	La dos matrices dependen de múltiples variables a la vez, las cuales deben calificarse generalmente de forma subjetiva y ponderarse con objeto de poder situar cada tecnología en la matriz. La matriz posición tecnológica expresa el dominio conseguido por la empresa sobre cada tecnología particular, mientras que la matriz atractivo tecnológico incluye aquellas variables que la empresa no puede ejercer control sobre ellas.
	El árbol tecnológico dual	Cuando se intuye que en el desarrollo de un nuevo producto existen varias soluciones técnicas, el reto consiste en acertar la tecnología que predominara en el futuro. Estos árboles sirven para que la empresa tenga una visión de conjunto de las diferentes opciones tecnológicas. Se llaman duales porque en ellas figuran las tecnologías del producto y el proceso.
Enriquecer	Matriz de accesos a la tecnología	Antes de embarcarse en una investigación interna es importante examinar las posibilidades exteriores. Se trata de ganar tiempo y de no intentar inventar lo que ya está inventado afuera.
Optimizar	Racimos o arboles tecnológicos	En esta matriz la empresa se redefine como un potencial de tecnologías que deben aprovecharse. Se reestructura entorno a lo que sabe hacer Know How y trata de conectar las competencias específicas con los productos y mercados donde se obtiene una mayor ventaja competitiva. Esto permite analizar nuevas aplicaciones en otras áreas que presenten posibilidades de obtener beneficios.
Proteger	Patentes y documentos	Registrar los conocimientos.

(Escorsa, y otros, 1991).

Las organizaciones en su desarrollo estratégico, en sus procesos de planeación y de programación de sus recursos procuran utilizar herramientas futurísticas de gestión y operación que les permitan conocer de alguna manera, con cierta confianza y verosimilitud el porvenir que se les aproxima (Mora, 2009).

Ilustración 4. Alcance del futuro mediante procesos de cambio en el tiempo.



(Mora, 2009).

La determinación de la visión en la planeación estratégica clásica con componente tecnológico, implica la determinación precisa de su estado futuro. Las empresas que orientan sus acciones mediante una adecuada toma de decisiones, a partir de la detección anticipada de su estado futuro, deben conectar todas las áreas de su organización y de su planeación, como se esboza en la ilustración anterior, donde existe una alta relación entre todos sus elementos estratégicos por procesos (Hronec, 1995).

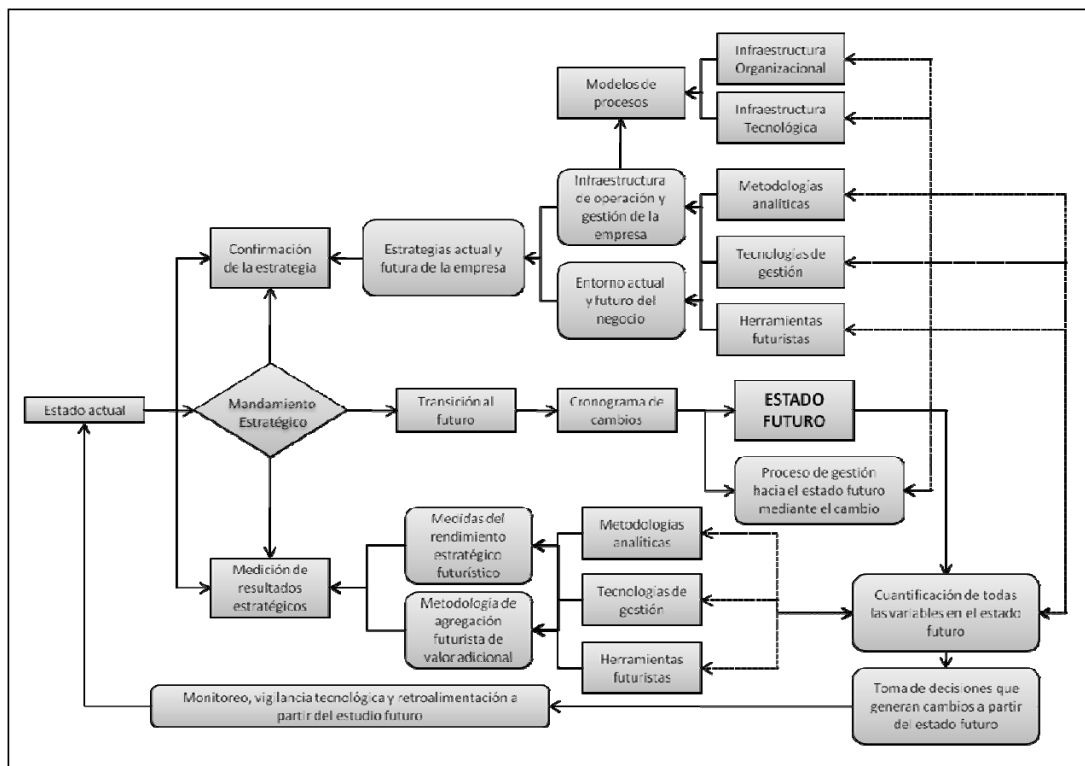


Tabla 3. Clasificación de las organizaciones según acciones de desarrollo.

Basado	Descripción
En el pasado	Su que hacer se centra en tratar de resolver los problemas del pasado, no les alcanza el tiempo para atender situaciones actuales y menos de planear su porvenir. Su futuro está condenado por el pasado.
En el presente	Su principal actividad es atender las situaciones del presente y algo del pasado, sin poder actuar tempranamente sobre su futuro, a veces sobreviven en un mundo de zozobras y altibajos económicos y financieros. Su situación futura depende básicamente del presente y en ese mundo actúan. El futuro los puede sorprender.
En el estado futuro	Tienen alta probabilidad de sobrevivir y de alcanzar el éxito, ya que el tiempo que existe entre el presente o estado actual y el futuro, les permite corregir cualquier error o reorientar sus estrategias y desarrollos. Viven con tranquilidad su presente como parte de un pasado ya planeado, su futuro está por venir y pueden accionar sobre él cualquier estrategia o cambio.

(Mora, 2009).

Ilustración 5. Elaboración de las estrategias a partir del estado futuro.



(Mora, 2009).

Los fundamentos estructurales de la planeación estratégica tecnológica, están principalmente en metodologías futurísticas (Escorsa, y otros, 1991), tanto de orden prospectivo, como de turbulencia y de orden proyectivo. Las herramientas de predicción son netamente metodologías de planeación estratégica clásica y moderna de orden tecnológico (Mora, 2009).

El conocimiento del futuro intriga a la humanidad y aunque resulta imposible despejar esta incógnita, la construcción de probables escenarios futuros a partir del uso de tecnologías y herramientas que se incorporan a las metodologías de planeación estratégica permiten predecir rutas alternativas y elegir la que resulte más probable (Providenzia@, 2005).

#### 1.4 MÉTODOS FUTURÍSTICOS

La razón de ser de los métodos futurísticos se basa en el intervalo de tiempo que existe entre el estado de conciencia de un evento inminente y la ocurrencia del mismo (Makridakis, y otros, 1998). Este intervalo es la razón de ser para la planeación, la transición (turbulencia) y/o la proyectiva, al depender de qué tan corto sea el tiempo que no permite la planeación, sino la ejecución, a diferencia de cuando el intervalo es largo donde hay lugar a la planeación (Mora, 2009).

El futuro se puede evaluar de diversas formas, los diferentes estudios toman connotaciones distintas según el producto que generen, los actores que participen, el entorno donde se desenvuelvan, la metodología en sí, la materia prima con que trabajen y las características cualitativas o cuantitativas del desarrollo que use para obtener los resultados, entre otros. La parte más lenta de un proceso futurístico es la selección de las herramientas adecuadas a sus requerimientos, expectativas y necesidades, con base en las características, limitaciones y ventajas de aplicación de cada uno de los métodos.

El diseño de un estudio futurístico, consiste en seleccionar un conjunto coherente de métodos particulares, mediante el establecimiento lógico de una secuencia posible de metodologías que puedan ser factibles, acorde a las características de cada método. Se debe tener mucha claridad en los métodos seleccionados y en el orden de aplicación en el tiempo, para alcanzar un parámetro de coherencia (Mora, 2009).

#### 1.4.1 Clasificación de los métodos futurísticos

Los métodos tanto de orden proyectivo, de transición y de prospectiva, de distinto orden, organizados de una forma lógica y coherente, permiten garantizar la mayoría de parámetros de éxito en la futurología<sup>1</sup> (Mora, 2009).

Tabla 4. Tipos de pronósticos - Modelos de prospectiva y proyectiva.

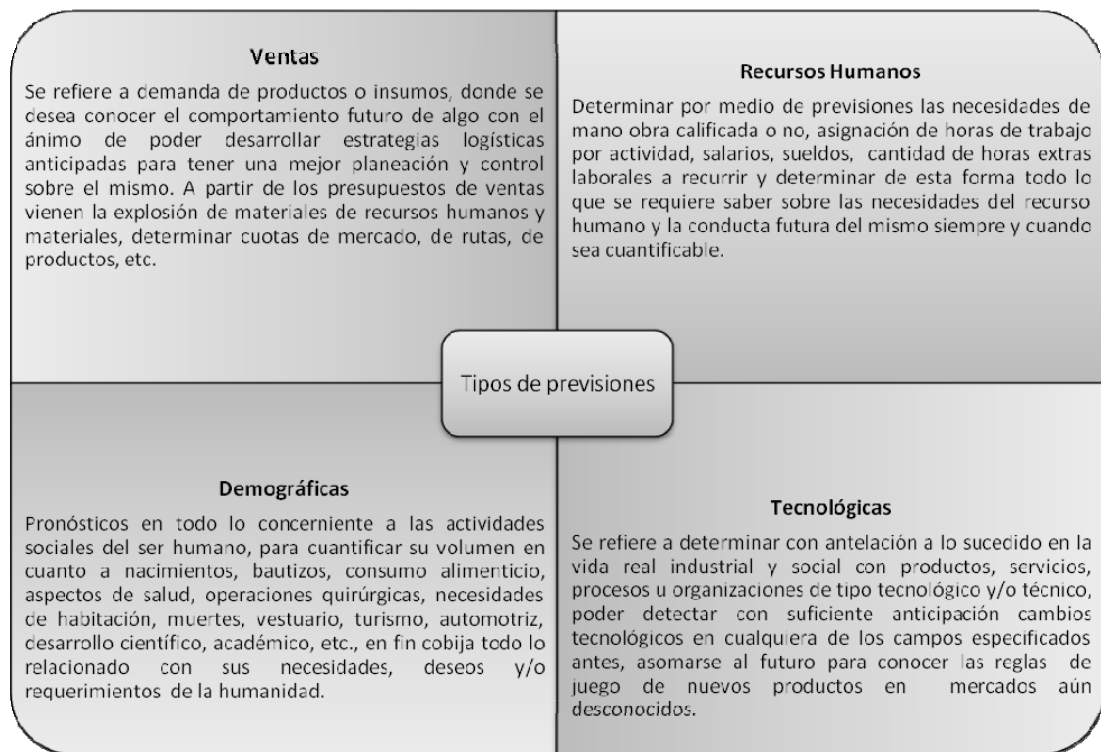
Elemento	Definición	Algunos métodos
Probabilísticos	Se valoran las probabilidades de ocurrencia de hechos futuros, o expresado de otra forma se tienen en cuenta sólo eventos que tienen altas probabilidades de ocurrencia, determina el grado de influencia entre los diferentes eventos seleccionados como de alta probabilidad de ocurrencia, determinando la motricidad y la dependencia entre los eventos o variables influyentes.	Delfos con cuartiles M.I.C - M.A.C o de impactos cruzados Arboles de relevancia Análisis Bayesiano
Cualitativos	Se refieren a las circunstancias, propiedades o condiciones de un fenómeno específico que se desea modelar para determinar en el presente su comportamiento futuro, estos modelos son iniciales a los cuantitativos, es decir se pueden procesar sin necesidad de tener datos o información numérica sobre el sistema, sin poseer un escenario cuantificado.	<i>Brainstorming</i> Analogías Mapa contextual <i>Monitoring</i>
Cuantitativos	Señalan a un nivel superior de los cualitativos, en el proceso integral de pronosticar un fenómeno a futuro, es básico considerar dos etapas: en la primera de ellas se fijan los atributos o los factores claves tecnológicos y en una segunda etapa deben ser valoradas con escalas de medición adecuadas.	
Temporales	Es importante una vez se hayan definido los elementos cualitativo y cuantitativo. No siempre lo futuro es función de lo pasado. El tiempo en que debe ocurrir la previsión es indispensable para definir los planes y estrategias a seguir con las acciones del fenómeno en estudio.	Series temporales Curvas de aprendizaje Relación entre variables no temporales Curvas de sustitución

(De Miguel, 1990).

<sup>1</sup>Conjunto de los estudios que se proponen predecir científicamente el futuro (RAE@, 2009).

Las metodologías se pueden agrupar desde la óptica de algunos parámetros que las caracterizan por su aplicabilidad y por la fundamentación de los procesos internos que utilizan, para crear los futuribles. Un modelo futurístico de planeación estratégica tecnológica debe contener cuatro elementos básicos: lo cualitativo, lo cuantitativo, lo temporal y lo probabilístico (De Miguel, 1990).

Ilustración 6. Tipos de previsiones según su aplicación.



(De Miguel, 1990)

Los grupos que resaltan en la futurología son: de proyectiva, de turbulencia (o transición) y los de prospectiva, sus diferencias son significativas y persiguen objetivos muy diferentes, en lo único que coinciden es que visualizan el futuro, en el estado presente (Mora, 2009).

#### 1.4.2 Proyectiva

Los métodos proyectivos se caracterizan por ser aplicaciones de corto plazo, se desarrollan en entornos estables aún cuando la variable oscile fuertemente alrededor de una media, son de orden probabilístico y en especial se definen por ser temporales, como su mismo nombre los describe. Lo normal es que intervienen pocas personas en sus desarrollos (el pronosticador y el experto en el tema que se pronostica).

El espacio normalmente debe permanecer inmóvil, ya que se requiere cierto grado de estabilidad en el entorno, para que se pueda proyectar con exactitud el futuro de corto plazo, es importante recordar que la estabilidad del contexto, donde se desenvuelve el fenómeno que se pronostica debe ser constante. La base fundamental de trabajo en la proyectiva son números (valores de una variable) secuenciales en el tiempo que constituyen la serie temporal. Son estudios de una sola variable, donde por lo general se desconoce el comportamiento de las causas que los originan o los impactan (Mora, 2009).

#### 1.4.3 Transición o Turbulencia

Los métodos se aplican generalmente para análisis en periodos que van de dos meses a dos años, son muy útiles cuando se enfrenta un cambio en el entorno, cuando se pasa de un entorno estable a uno inestable y viceversa, trabajan básicamente con números y algo de ideas, sirven para establecer modelos matemáticos nuevos con correlaciones diferentes a las originales cuando estaban en condición de estables o a la inversa.

Las técnicas de transición o turbulencia sirven para espacios iguales o con leves cambios de sitio de las organizaciones. En ellos suelen intervenir un número mediano de personas. Su base de trabajo casi siempre son números históricos de series temporales que se proyectan ante una situación de cambio, es decir, dos o más variables que eran estables se vuelven una sola situación de fusión, también

aplica cuando se presenta separación, en el momento que un modelo estable de una variable se abre en varias cambiando su entorno (Mora, 2009).

#### 1.4.4 Prospectiva

El conjunto de tentativas sistemáticas para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos o sociales, se conoce como prospectiva (PROS@, 2006).

La utilización es netamente a largo plazo, lo común es que se trabajen entre dos y veintidós años vista. Son recomendables para procesos de diez o más años, repetirlos cada tres, su entorno presenta cambios en el tiempo, por este motivo se aplican en entornos inestables de mediano o largo plazo. Su base de partida son ideas, conceptos o contribuciones de expertos, sin embargo en su desarrollo se utiliza el aporte de rigurosos métodos matemáticos probabilísticos, estadísticos o estocásticos.

Los métodos prospectivos trabajan con la posibilidad de que el entorno donde se evalúa el estado futuro sea otro, aunque trabaja sin inconvenientes cuando el espacio no presenta variaciones o cuando estas son moderadas, la exigencia para lograr la validez estadística requiere en estos métodos la participación de muchos expertos, en la medida que recoja las ideas de más individuos mayor es la calidad y la veracidad científica. Normalmente se inicia con métodos cualitativos para luego competir con la intervención de métodos matemáticos complejos o simples, dependiendo de lo que se desee, habitualmente participan métodos de todos los órdenes (Mora, 2009).

### 1.4.5 Validez de los métodos futurísticos

Los criterios de éxito para que un proceso futurístico alcance cierto grado de validez, debe cumplir los siguientes parámetros:

Tabla 5. Aspectos básicos que debe cumplir un método futurístico.

Criterio	Definición
Pertinencia	Consiste en que el tema, el entorno y las personas evaluadas, sean de actualidad y realmente necesarios y relevantes en el futuro, que aporten cambios positivos y se puedan integrar a la organización en el tiempo.
Coherencia intelectual	Se trata de que los participantes sean adecuados al proceso y que aporten ideas y datos significativos al mismo, que tengan elementos comunes entre ellos y que las metodologías utilizadas, sean del interés común de las personas para lograr su coherencia intelectual.
Importancia	Se refiere a que la temática estudiada sea realmente aceptada por todos los participantes, como necesarias en el mejor futuro.
Verosimilitud	Es el que mayor componente tecnológico requiere, el factor más importante en este punto es la experiencia y el conocimiento del experto, dado que debe interpretar exactamente las necesidades de temporalidad y organización que la empresa requiere, tiene que conocer detalladamente en forma precisa todas las expectativas de la empresa y saber qué elementos deben ser prospectados o proyectados, con el fin de seleccionar el (los) método (s) adecuado que responda a esos intereses.
Transparencia	Los procesos futurísticos deben ser difundidos en forma clara a toda la organización, antes, durante y después de su realización. El éxito de ellos se basa en la participación colectiva, con alto grado de aceptación y motivación de los funcionarios de la empresa en el proceso. En la medida que sea posible involucrar a mayor cantidad de personas, más alto es el beneficio a alcanzar.
Contenido científico	Es el más interesante de los criterios, pues en él descansa la posibilidad de logros acertados en el proceso.
Continuidad	Los procesos futurísticos deben ser continuos y se deben repetir cada cierto tiempo, en la medida que se apliquen más veces en períodos de tiempo largos, mayores son los beneficios y los éxitos logrados. Los métodos se aplican de forma secuencial y coherente, de tal manera que no se generen vacíos o abruptos en el tiempo o en el espacio, que los productos del método inicial puedan ser los insumos de la siguiente metodología y así sucesivamente.
Repetibilidad	Es el punto que mayor garantía otorga en cuanto a los beneficios esperados de los métodos futurísticos, es el hecho de que los modelos y los métodos utilizados sean repetibles, reproducibles o replicables en el tiempo a los mismos actores: personas, entorno y artefactos.
Consenso	Este criterio afecta notablemente los resultados de los procesos futurísticos, está demostrado que cuando los resultados y sus posibles consecuencias se comparten, de manera analítica con todos los actores del proceso, se logran unos niveles de participación y motivación muy altos en la aplicación futurista, aparte de que los resultados son mucho más atinados que cuando no se hace el análisis consensual con todos los involucrados.
Representatividad	Número de participantes estadísticamente representativo y suficiente para concluir como valederos los resultados obtenidos, aparte de que debe existir representación de todos los niveles jerárquicos y divisionales de la empresa o de las organizaciones proveedoras o clientes en la cadena de valor de la empresa evaluada.

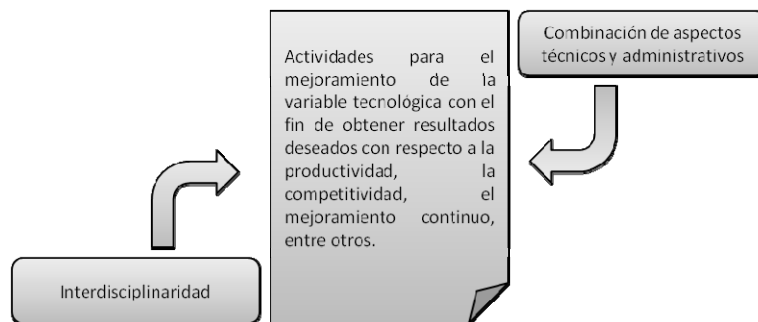
(Mora, 2009).

## 1.5 GESTIÓN TECNOLÓGICA

El sistema de conocimientos y prácticas relacionados con los procesos de creación, desarrollo, transferencia y uso de la tecnología, se define como gestión tecnológica. Se puede concebir este sistema como una colección de métodos sistemáticos para la gestión de procesos de aplicación de conocimientos, extender el rango de actividades humanas y producir bienes y servicios. El sistema está constituido por conceptos, modelos y teorías relacionados con las tecnologías, en organizaciones, empresas y países (Providenzia@, 2005).

El campo interdisciplinario que mezcla conocimientos de ingeniería, ciencia y administración con el fin de planear, desarrollar e implantar soluciones tecnológicas que contribuyan al logro de objetivos estratégicos y tácticos de una organización (Jimenez@, 2003).

Ilustración 7. Gestión tecnológica.



(Jimenez@, 2003).

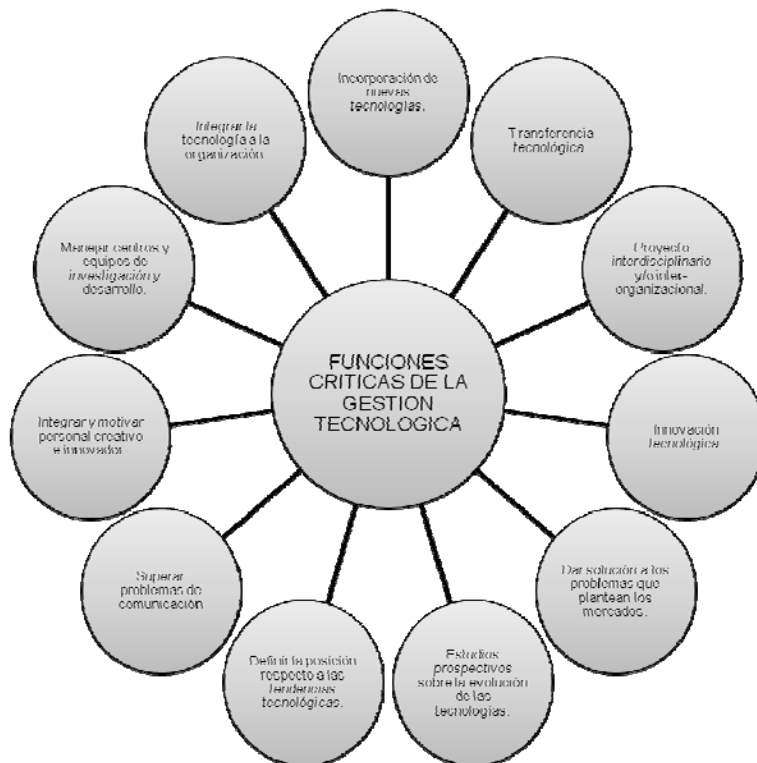
La gestión tecnológica no es un campo del saber especulativo sobre la tecnología y su desarrollo, es una práctica soportada en un conocimiento derivado del análisis y la interpretación de las observaciones del comportamiento del desarrollo tecnológico, como proceso social y resultado de las observaciones de este proceso en organizaciones y países, y de su relación con el proceso de desarrollo global de las sociedades modernas (Providenzia@, 2005).



Las definiciones coinciden en dos aspectos importantes que deben tenerse en cuenta al aplicar la gestión tecnológica. El primer aspecto hace referencia a la interdisciplinariedad y la combinación de los aspectos técnicos y administrativos dentro de una organización que interactúa constantemente con otros sistemas. El segundo se relaciona con las múltiples actividades que deben realizarse para el mejoramiento del desempeño de la variable tecnológica dentro de la organización con el fin de obtener los resultados deseados con respecto a la productividad, la competitividad y el mejoramiento continuo, entre otros (Jimenez@, 2003).

Las funciones más importantes de la gestión tecnológica se presentan en la siguiente ilustración.

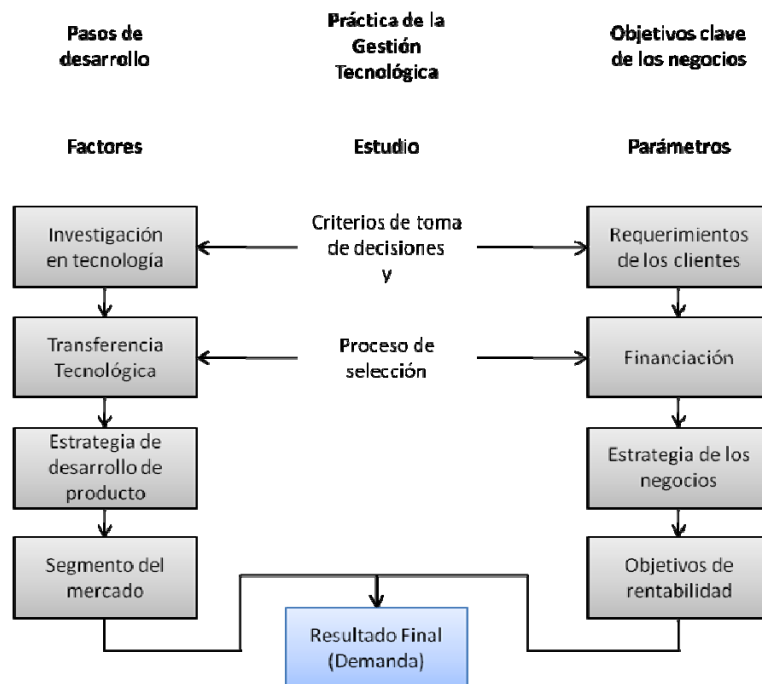
Ilustración 8. Funciones principales de la gestión tecnológica.



(Jimenez@, 2003).

La gestión tecnológica también debe realizarse durante el uso de la tecnología, desarrollando estrategias diseñadas para convertir la experiencia en producción y mantenimiento, y en procesos de aprendizaje deliberados, mediante la observación, registro y análisis. Usar la experiencia como fuente de aprendizaje consciente, racionalizándola para adquirir conocimientos complementarios a los que se recibieron del proveedor de tecnología (Providenzia@, 2005).

Ilustración 9. Diagrama de flujo de la gestión tecnológica.



(Gaynor, 1999).

El anterior diagrama presenta tres tipos de patrones: los pasos de desarrollo, la práctica de la gestión tecnológica y los objetivos claves del negocio, los cuales son la base para alcanzar la satisfacción de la demanda. El primero de estos analiza factores como la investigación en tecnología, la transferencia de tecnología, la estrategia de desarrollo de producto y el segmento del mercado.

Los parámetros tales como los requerimientos de los clientes, la financiación, la estrategia de negocios y los objetivos de rentabilidad se evalúan para que por medio de la práctica se tomen decisiones y se seleccionan criterios para realizar el proceso de selección de las opciones viables de obtención del objetivo (Jimenez@, 2003).

## 1.6 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Los conceptos esenciales de la planeación estratégica tecnológica y de métodos futurísticos se registraron en el presente capítulo, estos conceptos son la base de partida para el estudio que se realiza.

La identificación y evaluación de oportunidades y amenazas permiten planear a futuro estrategias para la tecnología, ya que esta no se gestiona ni se desarrolla por su cuenta. Esto se realiza de forma similar a los planes estratégicos que se desarrollan para las empresas.

Las etapas que se desarrollan en el proceso de la planeación estratégica tecnológica permiten la realización de un diagnóstico integral que facilita la visualización del futuro en el presente. Cada una de las etapas tiene un objetivo bien definido que aporta para el objetivo general.

Las tres primeras etapas del proceso de planeación estratégica tecnológica conforman el estudio de lo que se tiene (inventariar), lo que hay disponible en el mercado (vigilar) y su evaluación para la identificación de los aspectos positivos y negativos de las diferentes alternativas. A partir de los resultados obtenidos se procede a agregarle valor a lo estudiado (enriquecer y optimizar) y a proteger lo que se ha conseguido.

## 2. COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS

### 2.1 OBJETIVO

Reconocer diferentes combustibles alternativos que se hayan usado, se estén utilizando o se puedan emplear a futuro a nivel mundial. Nivel 2 – Comprender.

### 2.2 INTRODUCCIÓN

Los combustibles alternativos son aquellos que por sus propiedades físicas y químicas son menos contaminantes que la gasolina convencional. Es decir, las emisiones resultantes de la combustión contienen menos hidrocarburos, son menos activos en la formación de ozono y tienen menor toxicidad (Montes, y otros, 1998).

El concepto de combustibles alternativos nace con la necesidad de producir y usar combustibles que sean más amigables con el medio ambiente, reduciendo las emisiones de contaminantes. Adicionalmente se busca que los combustibles alternativos tengan su origen en fuentes renovables.

Los países desarrollados, realizan inversiones importantes en la investigación y desarrollo tanto de los combustibles alternativos, como de los vehículos que los emplean. Los gobiernos favorecen a través de créditos y reducciones impositivas, al público que emplea estos combustibles como parte del apoyo, que tiene como finalidad estar preparado y bien posicionado cuando estos combustibles y vehículos sean una realidad de aplicación general, ante el inminente agotamiento de los combustibles fósiles (Aguilar, 2007).

Una recopilación de la información más relevante de los combustibles alternativos, se presenta a continuación en este capítulo.

## DESARROLLO

### 2.3 HIDRÓGENO

El elemento más simple y más abundante en el universo, es el hidrógeno. A las temperaturas y presiones presentes en la superficie de la Tierra, se trata de un gas ( $H_2$ ) incoloro e inodoro. Sin embargo, el hidrógeno rara vez se encuentra solo en la naturaleza, por lo general, se encuentra formando enlaces con otros elementos en compuestos.

La atmosfera de la Tierra posee muy poco hidrógeno gaseoso. El hidrógeno se encuentra contenido en enormes cantidades en el agua ( $H_2O$ ), hidrocarburos (como el metano,  $CH_4$ ) y la materia orgánica (HYDG@, 2009).

El hidrógeno no es un recurso sino un vector energético, es decir, un portador de energía. Esto supone que se ha de producir a partir de fuentes energéticas, conteniendo una cierta cantidad de energía una vez se produce.

Las densidades energéticas (volumétricas y másicas) de diversos combustibles en su forma habitual de suministro se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 6. Densidades energéticas de diversos combustibles.

	Energía almacenada			
	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Volumen [kWh/m <sup>3</sup> ]	Volumen [kWh/Nm <sup>3</sup> ]	Masa [kWh/kg]
H2 Líquido (1Bar;-252,8°C)	70,71	2,375	3	33,59
H2 Gas (300 Bar;25°C)	20,55	690		
H2 Gas (700 Bar;25°C)	47,96	1.611		
Gas Natural (1 Bar; 25°C)	0,65	9,1	10	13,93
Butano Líquido (25°C)	550	7.000	33	12,73
Gasolina	750	9.270	-	12,36

(Linares, y otros, 2007).

El hidrógeno es capaz de almacenar aproximadamente el triple de energía por unidad de masa que los demás, pero al ser tan ligero ( $89,3 \text{ g/Nm}^3$ ) es el que menor energía almacena por unidad de volumen. Este hecho implica ciertos problemas en el transporte, almacenamiento y distribución del hidrógeno, en comparación con la gasolina, especialmente en aplicaciones en las que el hidrógeno se deba desplazar por el sistema (Linares, y otros, 2007).

La energía química del hidrógeno se puede convertir de forma directa en energía eléctrica, sin el paso intermedio del accionamiento térmico de un ciclo de potencia. Esta conversión directa se lleva a cabo en las llamadas celdas de combustible, capaces de convertir por medios electroquímicos la energía química del hidrógeno en energía eléctrica.

La eliminación del ciclo termodinámico intermedio permite superar las limitaciones impuestas por el rendimiento de Carnot, alcanzándose así elevados rendimientos energéticos. El hidrógeno precisa un elemento de conversión final, que puede ser directo o indirecto. Las celdas de combustible son un sistema directo de conversión de energía, es decir, transforman la energía química del hidrógeno en energía eléctrica, los motores de combustión interna (alternativos o turbinas de gas) transforman la energía química del hidrógeno en energía mecánica, la cual puede ser empleada para mover un alternador o como propulsión para un sistema de transporte.

Las celdas de combustible presentan elementos en común tanto con las baterías como con los motores de combustión interna. Así, estas se asemejan a las baterías donde es la electroquímica la que rige el comportamiento de ambas y se encarga de producir corriente continua en los dos dispositivos. Por el contrario, se diferencian de las baterías en que no almacenan energía, sino que transforman la energía química del hidrógeno en electricidad de modo continuo y termina la producción eléctrica al cesar el suministro de hidrógeno. Esta característica de

producción continua de electricidad es común al motor de combustión interna, si bien éste sujeto al límite de Carnot y la celda de combustible no (Linares, y otros, 2007).

Tabla 7. Propiedades y datos del hidrógeno.

<b>Hidrógeno</b>	
<b>Estructura Química</b>	H <sub>2</sub>
<b>Número de Cetano</b>	No disponible
<b>Número de Octanos</b>	130+ (f)
<b>Fuentes Principales</b>	Gas natural, metanol y electrolisis de agua.
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Inferior)</b>	51,585 Btu/lb (g)
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Superior)</b>	61,013 Btu/lb (g)
<b>Comparación Energética (Porcentaje de energía de la gasolina)</b>	1lb de H <sub>2</sub> tiene 44.4% de energía contenida en 1 gal de gasolina
<b>Estado Físico</b>	Gas comprimido o líquido.
<b>Tipos de vehículos disponibles</b>	Autobuses disponibles por pedidos especiales y algunos vehículos ligeros arrendados.
<b>Impacto ambiental del combustible</b>	Los vehículos de celdas de combustible producen cero emisiones por el tubo de escape, sin embargo, se generan contaminantes en la producción del hidrógeno.
<b>Mantenimiento</b>	Cuando el hidrógeno es utilizado en aplicaciones de celdas de combustible, el mantenimiento debe ser mínimo.
<b>Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)</b>	El hidrógeno tiene un excelente historial industrial de seguridad, se han desarrollado códigos y estándares para los sistemas y componentes de los vehículos de celdas de combustibles para reducir los riesgos.

(PROP@, 2009).

### 2.3.1 Producción

El hidrógeno se puede producir mediante el uso de diversas fuentes, entre las que se incluyen los combustibles fósiles como el carbón y el gas natural, la energía nuclear, la biomasa y otras tecnologías con energías renovables como la solar, la eólica, la geotérmica y la hidroeléctrica (HYD@, 2009).

Las siguientes son algunas formas de producción de hidrógeno. Muchas están en las primeras etapas de desarrollo.

Tabla 8. Métodos de producción de hidrógeno.

Método de producción	Descripción
Reformado de gas natural	"Gas de síntesis" se crea mediante la reacción de gas natural con vapor de alta temperatura o por oxidación parcial, el gas de síntesis se hace reaccionar con agua para producir hidrógeno.
Electrolisis renovable	Una corriente eléctrica generada por las tecnologías de energía renovable, como la eólica o la solar, hace dividir el agua en hidrógeno y oxígeno.
Gasificación	El carbón o la biomasa se transforman en gases y luego en gas de síntesis, que se hace reaccionar con vapor para producir hidrógeno.
Reformado de combustibles líquidos renovables	Combustibles renovables líquidos como el etanol se hacen reaccionar con vapor a alta temperatura para producir hidrógeno cerca del punto de uso final.
Electrolisis a alta temperatura	El calor de un reactor nuclear se utiliza para mejorar la eficiencia de la electrólisis del agua para producir hidrógeno.
División del agua a alta temperatura con proceso termoquímico	Las altas temperaturas generadas por concentradores solares o reactores nucleares permiten reacciones químicas que dividen el agua para producir hidrógeno.
Fotobiológico	Microbios, como las algas verdes consumen agua en presencia de luz solar, generando hidrógeno como un subproducto.
Fotoelectroquímico	Sistemas fotoelectroquímicos producen hidrógeno a partir del agua usando semiconductores especiales y la energía de la luz del sol.

(HYD@, 2009).

El mayor desafío técnico para la producción de hidrógeno, es la reducción de costos para que el hidrógeno sea competitivo en comparación con los combustibles convencionales (HYD@, 2009).

### 2.3.2 Beneficios

El hidrógeno se puede producir a partir varios recursos, algunos de ellos renovables y con el potencial de emitir cero gases de efecto invernadero. Una vez se produce, genera energía en los vehículos por medio de las celdas de combustible sin emitir gases por el escape.



Los vehículos impulsados por celdas de hidrógeno no emiten ninguno de los gases perjudiciales que generan los vehículos de gasolina o Diésel (hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y materia particulada), lo único que emiten es agua (H<sub>2</sub>O).

Los beneficios ambientales son aún mayores cuando el hidrógeno se produce a partir de Fuentes limpias (bajas o cero emisiones) como la energía solar, eólica y nuclear (BFH@, 2009).

## 2.4 ELECTRICIDAD

Un fenómeno físico cuyo origen son las cargas eléctricas y cuya energía se manifiesta en fenómenos mecánicos, térmicos, luminosos y químicos, entre otros.

Los vehículos eléctricos no producen la contaminación asociada con los motores de combustión interna, sin embargo tienen costos ambientales. La electricidad empleada para cargar los vehículos eléctricos tiene que venir de algún lugar, y hasta el momento la mayor cantidad de energía es producida mediante combustibles fósiles.

Los automóviles eléctricos que se recargan con fuentes de generación de energía más limpia, como las centrales hidroeléctricas y las centrales nucleares, pueden reducir las emisiones de carbono a menos del uno por ciento de los actualmente producidos por los motores de combustión interna.

Tabla 9. Propiedades y datos de la electricidad.

<b>Electricidad</b>	
<b>Estructura Química</b>	No disponible
<b>Número de Cetano</b>	No disponible
<b>Número de Octanos</b>	No disponible
<b>Fuentes Principales</b>	Carbón, nuclear, gas natural, hidroeléctrica y pequeños porcentajes de eólica y solar.
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Inferior)</b>	3,414 Btu/kWh
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Superior)</b>	3,414 Btu/kWh
<b>Comparación Energética (Porcentaje de energía de la gasolina)</b>	1 kWh de electricidad contiene 3% de la energía en 1 gal gasolina.
<b>Estado Físico</b>	Electricidad
<b>Tipos de vehículos disponibles</b>	Motocicletas, vehículos ligeros, medianos y pesados y buses.
<b>Impacto ambiental del combustible</b>	Los vehículos eléctricos producen cero emisiones por el tubo de escape, sin embargo, la mayoría de fuentes de electricidad emiten contaminantes.
<b>Disponibilidad del combustible</b>	La mayoría de los edificios tienen capacidad adecuada para carga eléctrica pero actualizaciones o conexiones especiales pueden ser requeridas.
<b>Mantenimiento</b>	El servicio requerido es menor que con gasolina o Diésel. No se necesitan afinaciones, cambios de aceite, bombas de agua, radiadores o inyectores de combustible. Sin embargo, es probable que la batería necesite remplazo antes que el vehículo sea retirado.
<b>Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)</b>	Los vehículos eléctricos OEM cumplen con los mismos estándares que los vehículos convencionales.

(PROP@, 2009).

#### 2.4.1 Baterías

El punto débil de cualquier vehículo eléctrico son las baterías. Hay por lo menos cinco problemas importantes con las baterías de plomo-ácido; son pesadas, tienen un gran volumen, tienen una capacidad limitada, se cargan muy lento y tienen una vida corta, de tres a cuatro años, más o menos 200 ciclos de carga y descarga. Estas se pueden sustituir por baterías de NiMH (Níquel e Hidruro Metálico). La eficiencia de los vehículos se puede duplicar y las baterías podrán durar 10 años

(miles de ciclos de carga y descarga), pero el costo de estas baterías hasta el 2008 es de 10 a 15 veces superior a la de plomo-ácido.

Los precios de las baterías deben ser menores a medida que se incorporen en el mercado, de forma que durante los próximos años es probable que las de baterías NiMH y de litio-ion se pueden convertir en la competencia de las baterías de plomo-ácido (Brain@, 2002).

#### 2.4.2 Medio ambiente

Los vehículos eléctricos no producen emisiones contaminantes. Por lo tanto pueden proporcionar grandes beneficios a la calidad del aire.

Tabla 10. Comparación de vehículos convencionales y eléctricos.

	Vehículos Convencionales	Vehículos Eléctricos	Porcentaje de Reducción
	<i>Gramos/Milla</i>	<i>Gramos/Milla</i>	
<b>Monóxido de Carbono (CO) Total</b>	2.906	0.113	96%
<b>CO: Urbano</b>	2.767	0.005	100%
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC) Total</b>	0.209	0.036	83%
<b>VOC: Urbano</b>	0.148	0.000	100%
<b>Óxidos de Nitrógeno(NO<sub>x</sub>) Total</b>	0.212	0.778	-267%
<b>NO<sub>x</sub>: Urbano</b>	0.048	0.015	69%
<b>Material Particulado 10 (PM10) Total</b>	0.047	0.077	-64%
<b>PM10: Urbano</b>	0.032	0.022	31%
<b>Óxidos de Azufre (SO<sub>x</sub>) Total</b>	0.085	0.925	-988%
<b>SO<sub>x</sub>: Urbano</b>	0.008	0.002	75%
<b>Dióxido de Carbono</b>	449	371	17%
<b>Gases de Efecto Invernadero (GHG)</b>	473	384	19%
	<i>BTU/Milla</i>	<i>BTU/Milla</i>	
<b>Combustibles Fósiles</b>	5827	4201	28%
<b>Petróleo</b>	4573	89	98%

(EVE@, 2009).

Los vehículos eléctricos reducen el total de emisiones de CO en un 96% y de VOC en un 83%, como lo muestra la tabla anterior. Pero también se aprecia que estos aumentan las emisiones de SOx en casi 10 veces por vehículo, al igual que el NOx en un 267% y PM10 en un 64%. El aumento de estas emisiones en zonas urbanas o rurales es de gran importancia, ya que estos son los causantes principales de la lluvia acida (EVE@, 2009).

### 2.4.3 Ventajas y desventajas

Las principales virtudes y defectos de la electricidad como combustible alternativo se resumen a continuación.

Tabla 11. Ventajas y desventajas de la electricidad como combustible.

Ventajas	Desventajas
Son más eficientes que los motores de combustión interna	El costo inicial es alto comparado con los de combustión interna
No producen emisiones contaminantes en el lugar de operación	El costo de las baterías es alto
Tienen costos de mantenimiento menores	Generalmente son de baja autonomía
Son más fáciles de manejar	Se requieren instalaciones para la recarga de baterías
Tienen menos sistemas que los de combustión interna	Se requiere capacitación de mecánicos para su mantenimiento

(VDE@, 2009)

## 2.5 BIODIÉSEL

Un combustible renovable que se puede obtener principalmente a partir de aceites vegetales, animales, así como de aceites reciclados. El biodiésel tiene una ventaja ecológica en comparación con el diésel de origen fósil, ya que reduce las emisiones de gases que provocan el efecto de invernadero.

El biodiésel es un líquido que puede tener un color que puede ir desde un tono amarillo claro hasta uno oscuro, es inmisible con el agua, tiene una viscosidad similar a la del diésel que se obtiene del petróleo y se puede mezclar con éste con la finalidad de reducir las emisiones contaminantes de los vehículos automotores con motores de ciclo diésel.

Las mezclas más comunes son las B20 (20% de biodiésel y 80% de diésel) y las B5 (5% de biodiésel y 95% de diésel de origen fósil), que pueden usarse generalmente sin modificar el motor, sin embargo también se puede emplear un 100% de biodiésel pero es necesario ciertas modificaciones del motor que le permitan evitar problemas de mantenimiento y de desempeño (BIOD@, 2003).

Tabla 12. Propiedades y datos del biodiésel.

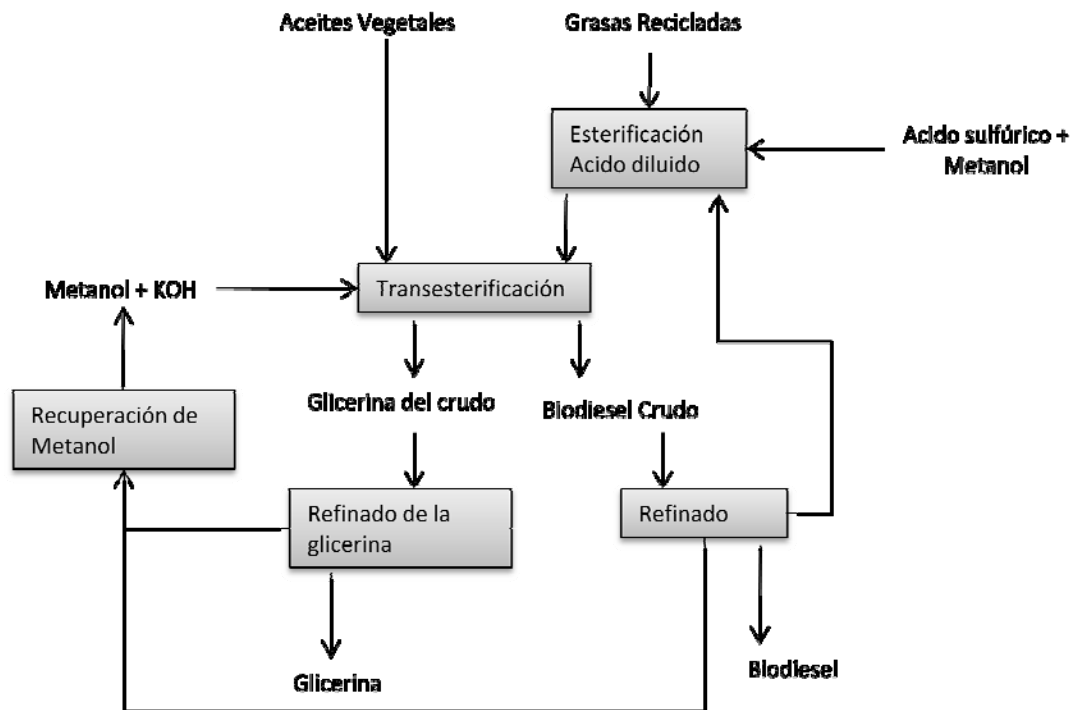
<b>Biodiésel</b>	
<b>Estructura Química</b>	Esteres metílicos de C <sub>12</sub> a C <sub>22</sub> ácidos grasos.
<b>Número de Cetano</b>	48-65 (a)
<b>Número de Octanos</b>	No disponible
<b>Fuentes Principales</b>	Grasas y aceites procedentes de fuentes como las semillas de soya, aceite residual de cocina, grasas animales y canola.
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Inferior)</b>	119,550 Btu/gal para B100 (g)
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Superior)</b>	127,960 Btu/gal para B100 (g)
<b>Comparación Energética (Porcentaje de energía de la gasolina)</b>	B100 tiene 103% de la energía de la gasolina o el 93% del diésel. B20 tiene el 109% de la gasolina o 99% del diésel
<b>Estado físico</b>	Líquido
<b>Tipos de vehículos disponibles</b>	La mayoría de los vehículos diésel pueden utilizar mezclas de biodiésel hasta 20%.
<b>Impacto ambiental del combustible</b>	Reduce hidrocarburos, compuestos tóxicos, CO, materia particulada y gases de calentamiento global. Efectos inciertos de emisiones de NOx.
<b>Mantenimiento</b>	Mangueras y sellos pueden ser afectados por las mezclas con mayor porcentaje de biodiésel, mejora la lubricación sobre el diésel convencional.
<b>Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)</b>	B100 es biodegradable y no tóxico. Además, no se enciende tan fácil como el diésel.

(PROP@, 2009).

### 2.5.1 Producción

El biodiésel se obtiene a partir del proceso de la transesterificación el cual consiste en combinar, el aceite (normalmente aceite vegetal) con un alcohol ligero, normalmente metanol, y deja como residuo de valor añadido glicerina que puede ser aprovechada por la industria cosmética, entre otras. Generalmente en la producción industrial del biodiésel se emplean grasas, cultivos oleaginosos, así como la grasa reciclada de los restaurantes.

Ilustración 10. Diagrama que explica la producción del biodiésel.



(Vargas@, 2009)

### 2.5.2 Ventajas y desventajas

Las principales virtudes y defectos del biodiésel como combustible alternativo se presentan a continuación.

Tabla 13. Ventajas y desventajas del biodiésel como combustible.

Ventajas	Desventajas
Funciona en cualquier motor diésel convencional, no requiere ninguna modificación. Puede almacenarse puro o en mezcla, igual que el diésel.	Las emisiones de óxidos de nitrógeno generalmente se incrementan debido al incremento de presión y temperatura en la cámara de combustión.
Puede usarse puro o mezclarse en cualquier proporción con el combustible diésel de petróleo.	La potencia del motor disminuye y el consumo de combustible se incrementa debido a que el poder calorífico de este bioenergético es menor que el del diésel de origen fósil.
La combustión de biodiésel disminuye en 90% la cantidad de hidrocarburos totales no quemados, y entre 75-90% en los hidrocarburos aromáticos. Además proporciona significativas reducciones en la emanación de partículas y de monóxido de carbono.	El biodiésel es un mejor solvente por lo tanto ataca toda aquella pieza construida a partir de caucho o goma, por ejemplo las mangueras y juntas de motor.
Su uso puede extender la vida útil de motores porque posee mejores cualidades lubricantes que el combustible de diésel fósil.	No se puede almacenar por mucho tiempo, más de 21 días, debido a que se degrada.
Es biodegradable en solución acuosa, el 95% desaparece en 28 días y tiene un punto de inflamación de 150°C que se compara muy favorablemente al diésel de petróleo cuyo valor es de 50° C.	El empleo de mezclas con más de 30% de biodiésel puede presentar problemas de solidificación en frío, lo que obstruiría el sistema de alimentación de combustible del motor.

(BIOD@, 2003), (Vargas@, 2009).

## 2.6 GAS NATURAL

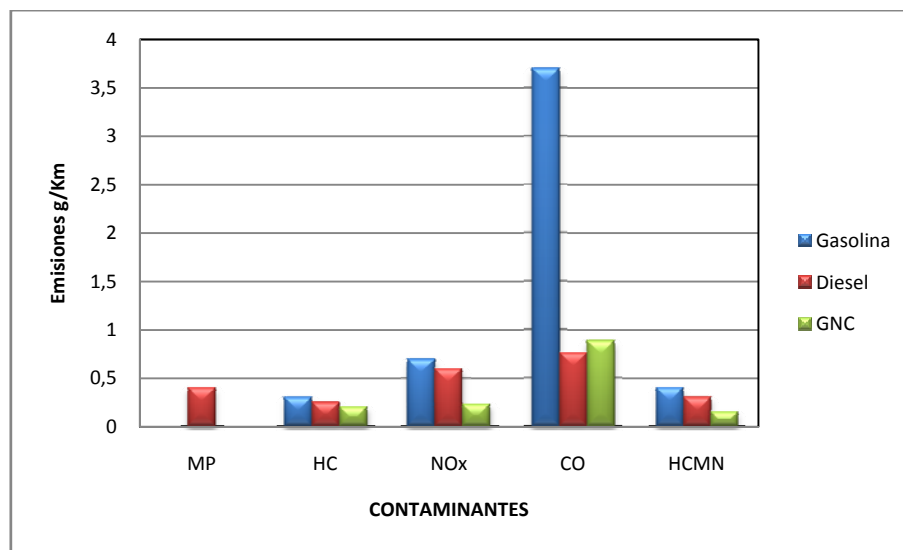
Una mezcla de hidrocarburos, compuesta principalmente por metano (CH<sub>4</sub>), que en condiciones atmosféricas se presenta en forma gaseosa. Es un gas incoloro e inodoro, y se encuentra principalmente en las cavidades rocosas de las formaciones geológicas, las cuales pueden formar grandes acumulaciones de gas. Generalmente, se encuentra en la misma formación geológica que el petróleo crudo, pero también puede ser encontrado solo.

El metano, principal componente del gas natural, tiene una densidad con relación al aire mucho menor, es decir, el gas natural tiene un menor peso que el aire, por lo que en la atmósfera se dispersa rápidamente.

### 2.6.1 Contaminación

Los motores de los vehículos de gas natural producen emisiones de monóxido de carbono (CO) relativamente más bajas, debido al bajo contenido de carbón del combustible, la ausencia del enriquecimiento de la mezcla en el arranque en frío, y a la baja temperatura en los productos de la combustión de las emisiones de escape. Los motores de gas natural también son capaces de conseguir niveles de óxidos de nitrógeno (NOx) tan buenos como los de los mejores motores de gasolina, y de 50% a 80% más bajos que los niveles de NOx de los motores diésel. La emisión de partículas es extremadamente baja, y la emisión de formaldehidos es comparable a la de los motores de gasolina o diésel.

Ilustración 11. Comparación de emisiones de combustibles automotrices.



(GNV@, 2008).

La emisión de hidrocarburos totales tiende a ser dos o tres veces mayor que la de los motores a gasolina con control de emisiones, sin embargo una gran fracción de estas emisiones de hidrocarburos no quemados (HC) es metano, el cual no es activo fotoquímicamente. El total de hidrocarburos no-metano (NMHC) de los



motores de gas natural está usualmente muy por debajo de los niveles de emisión de motores similares de gasolina (GNV@, 2008).

### 2.6.2 Ventajas y desventajas

Las más importantes ventajas de su uso, pueden ser las que se expresan a continuación: es un combustible relativamente barato, presenta una combustión completa y limpia, seguridad en la operación porque en caso de fugas, al ser más ligero que el aire, se disipa rápidamente en la atmósfera, únicamente se requiere tener buena ventilación y asegura una eficiencia en la operación.

Las desventajas de la conversión, incluye una pérdida de potencia máxima de aproximadamente del 10 al 15%, una reducción de la eficiencia del combustible como resultado de una menor eficiencia del ciclo y además un mayor nivel de emisiones contaminantes que el producido únicamente por el GNC.

Una gran ventaja que tiene el uso del gas natural como combustible, es que los motores no requieren grandes modificaciones.

La operación y el mantenimiento de los vehículos que consumen gas natural, representan un gran ahorro. El gas natural tiene un octanaje de 130, característica que permite incrementar la potencia de los motores, lo que propicia que trabajen con mayor eficiencia, evita dejar residuos de la combustión, y por lo tanto desgasta menos los motores. Los costos de mantenimiento se ven reducidos al poder espaciar los cambios de aceite y bujías a cada 20,000 y 120,000 km respectivamente.

El gas natural ofrece mayores ventajas en los nuevos motores de inyección electrónica, ya que el sistema permite controlar eficientemente la dosificación del combustible, mejorando la operación de los vehículos, sin modificar sus características originales (GNV@, 2008).

Tabla 14. Propiedades y datos del gas natural.

<b>Gas Natural Comprimido (GNC)</b>	
<b>Estructura Química</b>	CH <sub>4</sub> (83-99%), C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> (1-13%)
<b>Número de Cetano</b>	No disponible
<b>Número de Octanos</b>	120+ (d)
<b>Fuentes Principales</b>	Reservas subterráneas.
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Inferior)</b>	20,268 Btu/lb (g)
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Superior)</b>	22,453 Btu/lb (g)
<b>Comparación Energética (Porcentaje de energía de la gasolina)</b>	1 lb CNG tiene 17.5% de la energía de 1 gal gasolina [3].
<b>Estado Físico</b>	Gas Comprimido
<b>Tipos de vehículos disponibles</b>	Muchas clases de vehículos disponibles.
<b>Impacto ambiental del combustible</b>	Comparado con la gasolina reformulada, emite menos (y menos reactivos) contaminantes productores de ozono, hidrocarburos, CO, acetaldehído. Sólo incrementaron las emisiones de metano.
<b>Mantenimiento</b>	Los tanques de alta presión requieren inspección periódica y certificación.
<b>Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)</b>	Los tanques presurizados han sido diseñados para soportar impactos severos y altas temperaturas exteriores. Las fugas pueden representar un daño pero pueden ser detectadas porque se agrega un olor característico para el GNC.

(PROP@, 2009).

## 2.7 ETANOL

Un compuesto líquido, incoloro, volátil y soluble en el agua cuyas moléculas se componen de carbono, hidrógeno e hidroxilos. Se obtiene a partir de la fermentación de los azúcares que se encuentran en los productos vegetales y biomasa. Estos azúcares están combinados en forma de sacarosa, almidón y celulosa.

El etanol es un combustible que posee un alto octanaje lo que ayuda a prevenir que el motor realice una mala combustión. Es sumamente importante para los motores de alta compresión ya que requieren mayor energía (ETAN@, 2001).

El uso del etanol como combustible, contribuye a reducir la contaminación ya que se reducen las emisiones de CO<sub>2</sub> al reemplazar éste por un porcentaje de la gasolina que utilizan los automóviles. Con una mezcla de Etanol-Gasolina, en la cual del 10% al 25% corresponda a Etanol, se logra un índice de octano entre 70 y 75, mayor que el de la gasolina sin mezclar. Este tipo de mezclas permite aumentar la compresión en el motor, dan un funcionamiento más regular, su recalentamiento es menor y por lo tanto se puede utilizar a un mayor número de revoluciones (Arango, 2008).

### 2.7.1 Mezclas

Las principales mezclas de etanol son:

- Etanol (E85): es una mezcla de 85% etanol y 15% gasolina. Tiene un alto octanaje y es sumamente limpio para el medioambiente, reduciendo los hidrocarburos y los efectos de los gases contaminantes. Esta mezcla tiene un octanaje de cerca de 105. Lo cual es sensiblemente más bajo que el etanol puro, pero mucho mayor que el de la gasolina normal.
- Etanol (E10): es una mezcla de un 10% de etanol y un 90% de gasolina que puede usarse en los motores de la mayoría de automóviles modernos sin producir daños en ellos. Son parecidas las mezclas E5 y E7, con un 5 y 7% de etanol, respectivamente (RSE@, 2008).

Modificaciones necesarias para que los motores a gasolina puedan operar con mezclas crecientes de etanol como combustible

Tabla 15. Modificaciones del motor según la mezcla.

	Carburador	Inyeccion de combustible	Bomba de combustible	Dispositivo de presion del combustible	Filtro de Combustible	Sistema de Ignicion	Sistema de evaporacion	Tanque de combustible	Convertidor catalitico	Motor	Aceite	Colector	Sistema de Escape	Sistema de Arranque
≤ 5%														
E5-E10														
E10 a E25														
E25 a E85														
E85 a E100														

Vehiculos Especialmente Diseñados

Vehiculos de 15 a 20 años de antigüedad

(RSE@, 2008).

### 2.7.2 Producción

Los principales caminos para producir etanol a partir de materiales biológicos, son tres, todos ellos incluyen una primera fase de fermentación por levaduras y una fase posterior de destilación mediante la aplicación de calor. La duración de cada sistema es distinto, así como la producción del alcohol y su costo, esto depende del insumo inicial ya que puede ser un producto azucarado, de almidón o un material celulósico (EPDC@, 2009).

Tabla 16. Materias primas para producir etanol.

Fuente	Descripción
Sacarosa	Se encuentran en la caña de azúcar y en la melaza, entre otros. La caña de azúcar es una de las materias primas más atractivas para la elaboración de etanol, debido a que los azúcares se encuentran en una forma simple de carbohidratos fermentables.
Almidones	Se encuentran en cereales como el maíz, el trigo y la cebada, y en tubérculos como la yuca y la papa. Los almidones contienen carbohidratos de mayor complejidad molecular, que necesitan ser transformados en azúcares más simples mediante un proceso de conversión, introduciendo un paso adicional en la producción de etanol, con lo que se incrementan los costos de capital y de operación. Sin embargo existen algunos cultivos como los de yuca, que pueden ser desarrollados con una mínima cantidad de insumos.
Celulosa	Se encuentra en la madera, en los residuos agrícolas y forestales. Las materias primas ricas en celulosa son las más abundantes, sin embargo la complejidad de sus azúcares hacen que la conversión a carbohidratos fermentables sea difícil y costosa

(Ramirez@, y otros, 2008).

### 2.7.3 Ventajas y desventajas

Las principales virtudes y defectos del etanol como combustible alternativo se presentan a continuación.

Tabla 17. Ventajas y desventajas del etanol como combustible.

Ventajas	Desventajas
Se produce a partir de fuentes renovables.	Presenta menor poder calorífico que la gasolina, por lo que requiere un mayor consumo.
Produce menos dióxido de carbono que la gasolina, aunque el impacto total depende de los procesos de destilación y la eficiencia de los cultivos. Genera menos monóxidos de carbono al utilizarse como aditivos de la gasolina. Con el uso de 10% de etanol en la mezcla se puede lograr una reducción de 25% a 30% en las emisiones de CO.	Contiene 2/3 de la energía contenida en el mismo volumen de gasolina.
Es menos inflamable que la gasolina y el diésel.	La elaboración de etanol a partir de granos es más cara que la gasolina. Aproximadamente 1.5 veces.
Baja toxicidad	Presenta problemas de corrosión en partes mecánicas y sellos.
No emite compuestos de azufre.	En climas muy fríos presenta dificultades para el encendido.
La combinación de 90% de gasolina y 10% etanol puede ser usado en los vehículos sin ninguna modificación.	Genera emisiones de óxidos de nitrógeno y aldehídos (contaminantes menores).
	Para el uso de una mezcla de 85% etanol y 15% gasolina (E85) se requiere de una adecuada modificación en los motores

(ETAN@, 2001).

### 2.7.4 Medio ambiente

Los automóviles y camiones con combustible E85 (85% etanol, 15% gasolina) y E10 (10% etanol, 90% gasolina), al igual que los vehículos convencionales, generan emisiones contaminantes al medio ambiente. Sin embargo estos son menos contaminantes que los emitidos por los automóviles a gasolina.

Los estudios demuestran que cuando se utiliza etanol en base a maíz en vez de gasolina, las emisiones de gases contaminantes reducen desde un 19% hasta un 52% dependiendo de la fuente de energía usada para producir el etanol. Si se emplea celulosa, el etanol entrega aun mejores resultados, reduciendo estos efectos hasta en un 86% (EAM@, 2009).

Tabla 18. Propiedades y datos del etanol.

<b>Etanol</b>	
<b>Estructura Química</b>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH
<b>Número de Cetano</b>	0-54
<b>Número de Octanos</b>	110
<b>Fuentes Principales</b>	Maíz, granos o desechos agrícolas (celulosa).
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Inferior)</b>	76,330 Btu/gal para E100
<b>Contenido de Energía (Poder Calorífico Superior)</b>	84,530 Btu/gal para E100
<b>Comparación Energética (Porcentaje de energía de la gasolina)</b>	E100 contiene 66%, E85 contiene de 72% a 77%
<b>Estado Físico</b>	Líquido
<b>Tipos de vehículos disponibles</b>	Todos los vehículos pueden utilizar hasta 10% de etanol. Mezclas entre 10% y 85% requieren vehículos <i>Flex Fuel</i> , que están disponibles como vehículos ligeros, camiones medianos y pesados y buses.
<b>Impacto ambiental del combustible</b>	Los vehículos E85 reducen la producción de gases de calentamiento global. Pruebas han demostrado que el E85 reduce NOx y los tóxicos 1,3-butadieno y benceno en comparación con la gasolina reformulada, sin embargo aumenta las emisiones de formaldehído y acetaldehído.
<b>Mantenimiento</b>	Lubricantes especiales pueden ser requeridos. Los servicios de mantenimiento son muy similares, sino idénticos, a los de los combustibles convencionales.
<b>Seguridad (Todos los combustibles alternativos deben cumplir con los estándares de seguridad de la OEM)</b>	El Etanol es menos tóxico que la gasolina. Los vapores de Etanol se dispersan más rápido que los de la gasolina, disminuyendo las concentraciones a niveles seguros más rápidamente después de un accidente.

(PROP@, 2009).

## 2.8 OTROS

Una gran cantidad de combustibles emergentes se encuentran en desarrollo. Muchos de estos se consideran también como combustibles alternativos y pueden presentar beneficios como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y/o reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

Tabla 19. Otros Combustibles alternativos.

Combustible	Descripción
Propano	También conocido como Gas Licuado de Petróleo (GLP), es un gas alcano de tres carbonos. Almacenado en un tanque a presión no presenta color ni olor. Cuando se libera la presión el propano líquido se evapora y es usado como un gas para la combustión. Tiene un alto número de octanos y excelentes propiedades para la ignición de los motores de combustión interna con bujías. No es tóxico y no representa una amenaza para el suelo y el agua superficial o subterránea. El propano es generado como un subproducto del procesamiento del gas natural y petróleo crudo refinado.
Metanol	Conocido como alcohol metílico o alcohol de madera. Es un líquido ligero, incoloro, inflamable y tóxico. El metanol es utilizado como combustible principalmente al juntarlo con la gasolina. Este se puede producir a partir de biomasa, y tiene ciertos inconvenientes como el proceso de producción ya que alcanza temperaturas muy elevadas con cierto riesgo de incendio.
Biobutanol	El Butanol es un alcohol de cuatro carbonos (alcohol butílico). El Biobutanol es butanol producido a partir de biomasa. Como el etanol, es un alcohol líquido que puede ser usado en los vehículos de gasolina actuales. Las propiedades del biobutanol permiten mezclarlo con gasolina. También es compatible para ser mezclado con etanol y puede mejorar la mezcla de etanol con gasolina. La energía contenida en el biobutanol es de 10% a 20% menor que en la gasolina.
Biogás	El Biogás es el producto gaseoso de la digestión anaeróbica (descomposición sin oxígeno) de la materia orgánica. Generalmente se compone de 50-80% de metano, 20-50% de dióxido de carbono y pequeñas cantidades de otros gases como hidrógeno, monóxido de carbono y nitrógeno. Una vez purificado al nivel requerido (y comprimido o licuado), el biogás puede ser usado como un combustible alternativo en la misma forma que el gas natural. Reduce directamente las emisiones de gases de efecto invernadero previniendo la liberación de metano en la atmósfera (el metano es 21 veces más fuerte como gas de invernadero que el dióxido de carbono).
Biomasa a Líquidos (BTL)	Biomasa a líquidos en el término usado para describir el proceso de convertir la biomasa en un amplio rango de combustibles líquidos como gasolina, diésel y materias primas para refinerías de petróleo. Los gases de efecto invernadero se reducen. La gasolina y el diésel, derivados de la biomasa pueden ser utilizados directamente en los vehículos actuales y son compatibles con el sistema de distribución.
Carbón a Líquidos (CTL)	Carbón a líquidos es un proceso para convertir en carbón en combustibles líquidos como gasolina y diésel. La mayoría de la producción de este tipo de combustibles se lleva a cabo mediante el proceso de Fischer-Tropsch. Este combustible puede ser utilizado en los vehículos con motor de combustión interna sin realizar modificaciones.
Gas a Líquido (GTL)	El gas líquido es el término usado para describir el proceso de convertir el gas natural en gas líquido. Tiene como ventaja que es compatible con las tecnologías actuales de los vehículos y con el sistema de distribución de los mismos. Este puede ser producido usando las reservas actuales de gas.
Fischer-Tropsch Diésel	Fischer-Tropsch (F-T) diésel es un combustible diésel sintético producido por la conversión de hidrocarburos gaseosos, tales como el gas natural y el carbón o la biomasa gasificadas, en combustible líquido.
P-series	Es una mezcla de gas natural líquido, etanol y biomasa. Los combustibles "P-Series" son limpios, transparentes y su octanaje oscila entre 89 y 93 octanos. Este combustible puede ser utilizado individualmente o haciendo una mezcla con gasolina en cualquier proporción. Actualmente no es producido en grandes cantidades y no es comúnmente usado.
Diésel Renovable a partir de Hidrogenación (HDRD)	El diésel Renovable a partir de Hidrogenación (HDRD) se produce refinando grasas o aceites vegetales (solos o mezclados con petróleo) en una refinería convencional. Por lo general, implica la hidrogenación de los triglicéridos utilizando la infraestructura existente de las refinerías. Puede ser mezclado en cualquier proporción con petróleo basado en diésel, sin tener que hacerle ninguna modificación al motor del carro o a la infraestructura actual de la gasolina.

(OTH@, 2009).

## 2.9 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Los diferentes combustibles alternativos que se hayan usado, se estén utilizando o se puedan emplear a futuro a nivel mundial quedan plasmados en este capítulo con sus principales características y propiedades.

Uno de los aspectos más relevantes que se tienen en cuenta al momento de utilizar un combustible es el medio ambiente, su inminente deterioro a raíz del uso de los combustibles fósiles crea conciencia ambiental y fomenta la búsqueda de alternativas más limpias y menos perjudiciales.

La viabilidad de un combustible para el uso masivo, radica en gran medida en los costos asociados a este, en caso de ser muy elevados pierde competitividad y no son atractivos en el mercado. El precio de venta del combustible arrastra consigo los costos asociados a la cadena de producción, por este motivo es importante tener cuenta todo el proceso productivo.

El surgimiento del gran interés en los combustibles alternativos está relacionado directamente con los inconvenientes de los combustibles fósiles como la dependencia que generan y la volatilidad del precio.



### 3. MÉTODOS FUTURÍSTICOS

#### 3.1 OBJETIVO

Describir los métodos prospectivos, con el fin de constituir la futurología de los combustibles alternativos desde la óptica de la gestión tecnológica. Nivel 2 – Comprender.

#### 3.2 INTRODUCCIÓN

Las herramientas que permiten evaluar el futuro de diferentes formas según el entorno, el tiempo de aplicación y la fuente, se conocen como métodos futurísticos. Para el análisis a largo plazo se recomienda la utilización de métodos prospectivos, estos son un conjunto de conceptos y técnicas para la previsión del comportamiento futuro de diferentes variables e identifican oportunidades y amenazas al desarrollo tecnológico, señalando las demandas para las tecnologías.

Los métodos futurísticos en general son complementarios para alcanzar los diez criterios mínimos de éxito. Dadas unas circunstancias de personas, recursos y entornos existen unos más adecuados que otros, con base en las características propias del fenómeno o situación que se desee prospectar en sí y de lo que se pretenda obtener a partir de la información que se tiene. Por lo general estas combinaciones, requieren de la utilización de diversos métodos y que entre todos reúnan las características cualitativas, cuantitativas, probabilísticas, temporales y científicas requeridas para su adecuada validez y aplicación (Mora, 2009).

Los principales métodos futurísticos que se tienen en cuenta para realizar el análisis prospectivo de este estudio se describen a continuación.

## DESARROLLO

### 3.3 ENTREVISTAS DE PROFUNDIDAD

La técnica consisten en investigar de manera amplia a través de una conversación, algunos aspectos como: necesidades, motivos, actitudes, intenciones y comportamientos en relación con un tema específico de interés, con el fin de hallar respuestas amplias y profundas sobre ciertos interrogantes.

Una entrevista en la que toman parte el entrevistador y el entrevistado y en la que se lleva a cabo una conversación informal, no estructurada, en la que el tema a tratar es plenamente identificable por parte del entrevistado. Se espera que el nivel de privacidad establecido y la confianza que inspire el entrevistador, permitan a la persona entrevistada sentirse tranquila para transmitir ciertas razones de fondo, sobre los temas expuestos durante el transcurso de la entrevista.

El entrevistador, en un principio, introduce el tema objeto de estudio y motiva al entrevistado a que de manera libre y espontanea ofrezca sus razones y puntos de vista sobre el tópico en cuestión. El entrevistador se limita a escuchar, y en ningún momento debe dar señales de aprobación o desaprobación sobre la información que sugiere el entrevistado. En la medida que progresa la entrevista, el entrevistador introduce ciertas preguntas con el propósito de reorientar la conversación o profundizar en áreas de especial interés. Se avanza de lo general a lo específico.

La entrevista, a pesar de que no es estructurada, no exige al entrevistador de conformar un plan de trabajo con anterioridad, de esa manera a medida que se recibe nueva información, puede separar la que es relevante y con base en ello solicitar que amplíen ciertos temas, y progresar cada vez más, hasta lograr un mapa completo de la situación (Cabrejos, 1989).

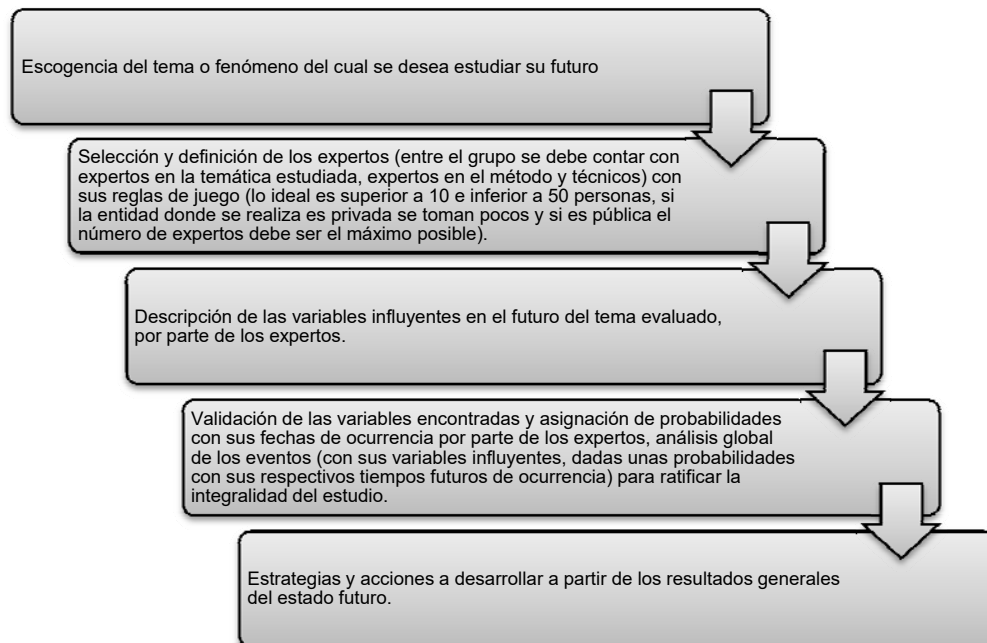
### 3.4 BÚSQUEDA DE FUTURIBLES

Una técnica de orden cualitativo y temporal, por medio del análisis grupal de expertos con amplio conocimiento sobre el tema que se desea prospectar, entre diez y quince años vista, se revisan y se exploran las tendencias del pasado, que se entienda tengan alguna influencia en el futuro, al igual se trata de reflexionar sobre las situaciones nuevas que pueden aparecer (Mora, 2009).

### 3.5 TÉCNICA DE DELFOS CON CUARTILES

El proceso que sigue es similar al método *Delphi* solo que asigna probabilidades de ocurrencia a los diferentes eventos y a sus derivados por cruce entre ellos, en diferentes estados del tiempo en el caso de cuartiles. Es de grado cualitativo, temporal, cuantitativo y probabilístico, se basa en expertos del tema a evaluar en estado futuro (De Miguel, 1990).

Ilustración 12. Etapas de la técnica de delfos con cuartiles.



(Mora, 2009).

El método es de alto contenido científico, presenta buenos resultados y sus puntos más importantes son: seleccionar los expertos, asignar las probabilidades y el seguimiento serio y riguroso de la metodología. Su mayor cualidad es que crea entornos acompañados de fechas, con alta probabilidad de ocurrencia (Mora, 2009).

### 3.6 ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE IMPACTOS CRUZADOS MIC MAC<sup>2</sup>

El método de impactos cruzados es uno de los métodos más completos para el análisis futurístico en el mediano y largo plazo, es de orden cualitativo, cuantitativo, temporal y probabilístico. Se sustenta en ideas de expertos, quienes se seleccionan de forma cuidadosa para lograr un resultado satisfactorio.

El análisis se desarrolla en varios pasos, inicialmente se pretende detectar las variables que inciden de algún modo en el presente o en el futuro sobre un tema, para esto se realiza un ejercicio serio de orden cualitativo. Una vez se identifican las variables, se vuelven a hacer las hipótesis y se procede a su refinación con técnicas estadísticas y/o cuantitativas, para luego evaluar mediante otro instrumento las influencias de unas variables sobre otras a partir de la opinión de los expertos.

El siguiente paso consiste en la construcción de una matriz donde las ideas dadas se unifican y son cuantificadas con asignaciones probabilísticas para cada variable sobre las demás, esta matriz se llena con ceros y unos a partir de las medias de las incidencias de unas variables sobre otras, una vez establecida la matriz se procede a elevarla a la máxima potencia con el fin de obtener valores constantes en las evaluaciones de motricidad<sup>3</sup> y dependencia<sup>4</sup>.

---

<sup>2</sup> Matriz de Impactos Cruzados-Multiplicación Aplicada a una Clasificación (Godet, 1999).

<sup>3</sup> Movilidad o capacidad de una variable de incidir a futuro sobre otra.

<sup>4</sup> Incidencia que puede recibir una variable de otra con alto grado de motricidad, puede decirse también del grado de sensibilidad de una variable al ser impactada por otra.

La representación de los valores de motricidad y dependencia que adquieren las variables a futuro se evidencian a partir de los mapas arquitectónicos contextuales de impacto directo y de impacto indirecto, que se construyen con la suma de los valores horizontales de motricidad y los verticales de dependencia (Mora, 2009).

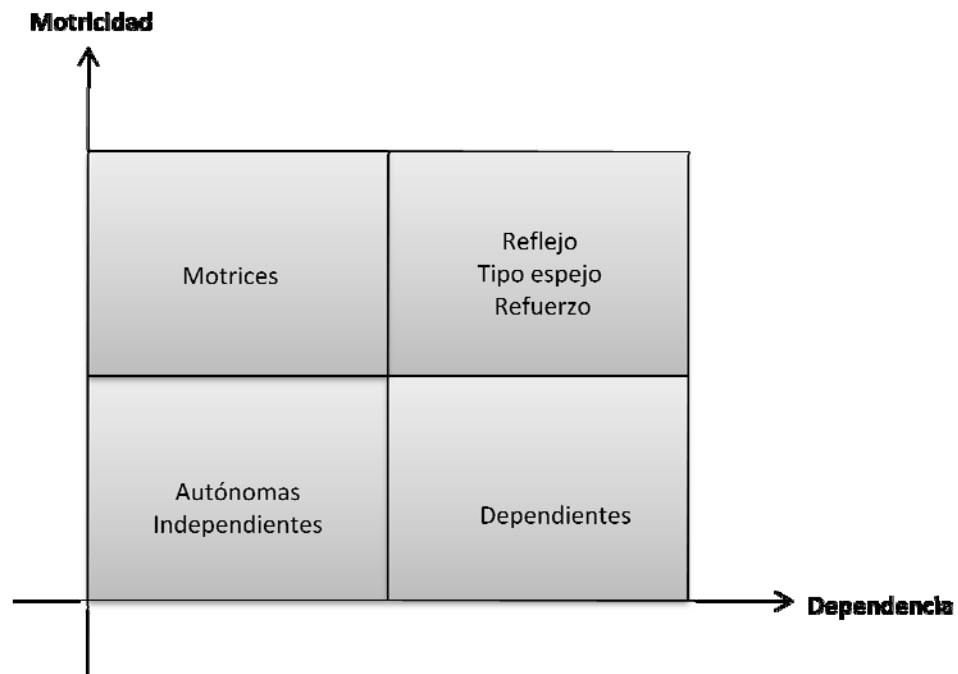
El mapa de orden indirecto que se obtiene mediante procesos cuantitativos, estadísticos, probabilísticos y temporales, se constituye de cuatro cuadrantes que representan los tipos de variables que se tienen:

Tabla 20. Tipos de variables mapa arquitectónico.

Variables	Descripción	Relación Motricidad-Dependencia
Motrices	Influyentes y un tanto dependientes. La mayor parte del sistema depende entonces de estas variables, ubicadas en el cuadro superior izquierdo del mapa. Las variables influyentes son los elementos más cruciales ya que pueden actuar sobre el sistema dependiendo de cuánto se puedan controlar como un factor clave de inercia o de movimiento.	Alta motricidad con baja dependencia.
De Reflejo o De Refuerzo	Al mismo tiempo son muy influyentes y muy dependientes. Estas variables ubicadas en el cuadro superior derecho del mapa son, por naturaleza, factores de inestabilidad puesto que cualquier acción sobre ellas tiene consecuencias sobre las otras variables.	Alta motricidad con alta dependencia.
Dependientes	Situadas en el cuadro inferior derecho del mapa, son un tanto influyentes y muy dependientes. Por consiguiente, son especialmente sensibles a la evolución de las variables Motrices y/o las variables De Reflejo. Son las variables de salida del sistema.	Alta dependencia con baja motricidad.
Independientes	Son al mismo tiempo poco influyentes y poco dependientes. Estas variables están ubicadas en el cuadro inferior izquierdo, y en gran medida parecen no coincidir con el sistema ya que por un lado no detienen la evolución del sistema, pero tampoco permiten obtener ninguna ventaja del mismo.	Baja motricidad con baja dependencia.

(Arcade, y otros, 2004).

Ilustración 13. Mapa arquitectónico estratégico indirecto.

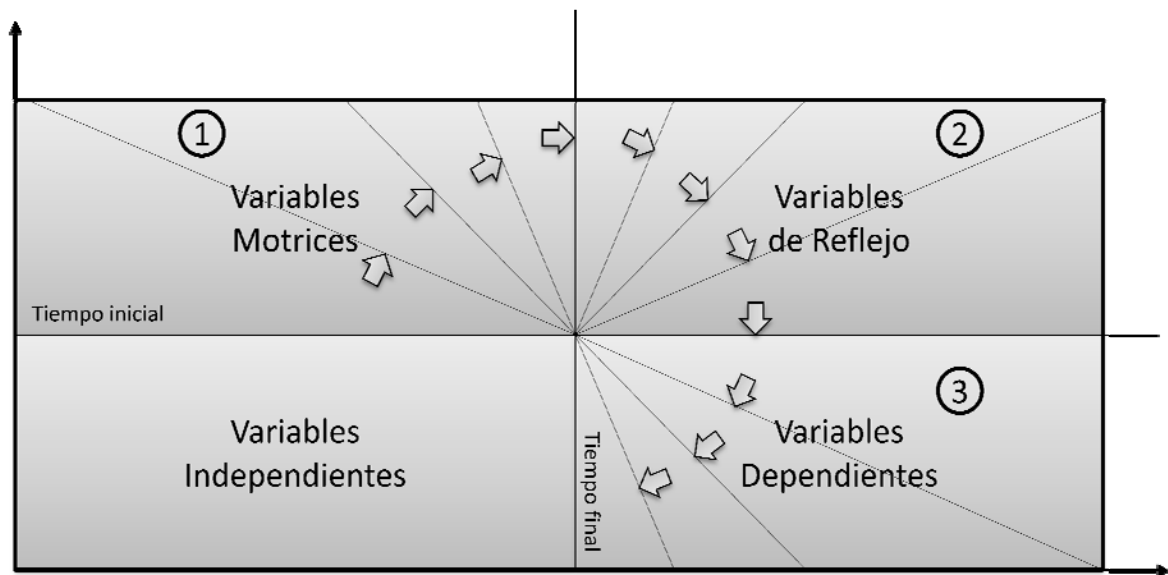


(Mora, 2009).

Los cuadrantes presentan las acciones en términos del tiempo, precisan las estrategias a efectuar, establecen la secuencia lógica de metas y actividades que se deben desarrollar de forma coherente, permiten evaluar los resultados que se obtienen, entre otros.

Los beneficios de la planeación estratégica tecnológica a partir del estado futuro que se obtienen por el método MIC MAC son muchos, por eso se les considera a los métodos de impacto cruzado como unos de los de mayor nivel científico, cuando se aplican debidamente se da por entendido que cumplen todos los criterios de éxito (Mora, 2009).

Ilustración 14. Lectura de los mapas en el tiempo.



(Mora, 2009).

### 3.7 TABLERO DE INFLUENCIAS DE J.F. LEFEBVRE

El análisis del MIC MAC permite establecer la jerarquía y definir la secuencia lógica de las acciones que se deben tomar. La metodología consiste en buscar variables que tengan elementos comunes y que posean características similares en cuanto a motricidad, dependencia u otro criterio que se logre detectar en el mapa de relaciones indirectas. Es de orden cualitativo, cuantitativo, probabilístico, temporal y en especial estratégico (Mora, 2009).

### 3.8 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Las principales características de los métodos prospectivos que se tienen presentes para el desarrollo del estudio, con el fin de constituir la futurología de los combustibles alternativos desde la óptica de la gestión tecnológica, se describen en este capítulo.

Un seguimiento adecuado y a conciencia de los pasos sugeridos por cada uno de los métodos, hace posible una aplicación prospectiva más fiable, que cumpla con

los criterios de éxito de los métodos futurísticos, que tengan validez científica y que proporcione resultados confiables que permitan realizar el análisis o la planeación del tema de estudio.

Los métodos futurísticos, en especial los prospectivos, dependen en gran medida de las personas y del entorno donde se desarrolla, para que este adquiera validez técnica y científica.



## 4. APLICACIÓN PROSPECTIVA

### 4.1 OBJETIVO

Aplicar los diferentes métodos de la futurología a expertos en combustibles alternativos futuros, en aras de encontrar los más opcionados para el periodo 2009-2024. Nivel 3 – Aplicar.

### 4.2 INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones prospectivas permiten la elaboración de escenarios futuros a partir de las opiniones de expertos en los temas de estudio, estos escenarios se identifican mediante la aplicación de los métodos mencionados en el capítulo tres.

A continuación se realiza la aplicación prospectiva y se analizan sus resultados.

## DESARROLLO

### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES

La determinación de las variables iniciales se hace a partir de la información recopilada en el capítulo dos donde, por medio de las características principales de cada combustible se identifican los aspectos más relevantes de cada uno y se visualizan las variables generales que los impactan a todos. Además se habla con algunos conocedores y entusiastas del tema que aportan sus ideas para esta primera etapa.

A continuación se presentan las 20 variables de gran importancia para el futuro posicionamiento de un combustible, que se seleccionan para la realización del Instrumento 1, el orden en que se muestran no está relacionado con su importancia.

Tabla 21. Definición de las variables para el instrumento 1.

Variable	Descripción
Abundancia recurso-fuente	Cantidad disponible de la materia prima para la elaboración del combustible.
Costo almacenamiento	Los costos asociados al almacenamiento del combustible.
Costo producción	Los costos asociados al proceso de producción del combustible.
Costo transporte	Los costos asociados al proceso de transporte del combustible.
Eficiencia combustible	Es la relación entre la energía útil y la energía invertida. Asociado al desarrollo de los motores que utilizan los vehículos.
Emisiones	Los gases emitidos por los vehículos que utilizan el combustible.
Fuente renovable	La materia prima para la elaboración del combustible proviene de una fuente renovable.
Impacto ambiental producción	Los efectos que ocasiona la producción del combustible sobre el medio ambiente.
Impacto ambiental uso	Los efectos que ocasiona la utilización en los vehículos del combustible sobre el medio ambiente.
Mantenimiento vehículos	Los costos y la dificultad asociadas al mantenimiento de los vehículos que utilicen el combustible.
Poder energético	Es la cantidad de energía que la unidad de masa de materia puede desprender al producirse una reacción química.
Precio de venta combustible	El valor de venta del combustible al consumidor final.
Precio vehículos	El valor de venta de los vehículos que utilicen el combustible.
Producción local	La posibilidad de producción del combustible en Colombia.
Seguridad almacenamiento	Es la ausencia de riesgos y peligro en el almacenamiento del combustible.
Seguridad producción	Es la ausencia de riesgos y peligro en la producción del combustible.
Seguridad suministro	Es la ausencia de riesgos y peligro en el momento de realizar la recarga de combustible en el vehículo.
Seguridad transporte	Es la ausencia de riesgos y peligro en el transporte de las personas en vehículos que utilicen el combustible.
Tiempo suministro	El tiempo que se demora la recarga del combustible en el vehículo.
Vida útil vehículo	Es el tiempo durante el cual el vehículo puede ser utilizado.

Una vez se identifican las variables más significativas se procede a realizar el instrumento 1.

#### 4.4 INSTRUMENTO 1

La primera herramienta consiste en elegir 40 personas con conocimiento sobre el tema, se les solicita a estas que seleccionen de las 20 variables anteriormente descritas al menos cinco de ellas que consideren importantes en el posicionamiento de un combustible en Colombia y se les pide el favor de aportar otras que consideren relevantes para el estudio. A continuación se presenta el instrumento 1.

Ilustración 15. Instrumento1.

**INSTRUMENTO 1**

Le agradecemos a usted nos diligencie el siguiente instrumento teniendo en cuenta su alto conocimiento y su gran experiencia en combustibles.

A continuación se presentan una serie de variables que se consideran de importancia dentro de la evaluación de un nuevo combustible. Por favor seleccione con una X al menos cinco (5) variables que considere importantes para el posicionamiento de un combustible

Variable	X
Seguridad producción	
Impacto ambiental uso	
Costo producción	
Eficiencia combustible	
Tiempo suministro	
Precio de venta combustible	
Vida útil vehículo	
Emisiones	
Seguridad transporte	
Precio vehículos	

Variable	X
Poder energético	
Abundancia recurso-fuente	
Seguridad suministro	
Mantenimiento vehículos	
Costo almacenamiento	
Costo transporte	
Seguridad almacenamiento	
Producción local	
Impacto ambiental producción	
Fuente renovable	

Si considera que existen otras variables importantes a tener en cuenta por favor menciónelas a continuación:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Muchas gracias por su colaboración.

Felipe Gärtner Escobar  
Santiago Londoño Velásquez

Universidad EAFIT

Los instrumentos realizados a las 40 personas que poseen un alto conocimiento del tema, se tabulan y se presentan a continuación. Además de las 20 variables que inicialmente se identifican, aparecen en la tabla otras 16 sugeridas por los expertos.

Tabla 22. Resultados iniciales - Instrumento 1.

INSTRUMENTO 1 UNIVERSIDAD FAFIT	Total																																								
		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
1 Precio de venta combustible	31	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
2 Impacto ambiental uso	30	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
3 Eficiencia combustible	28	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
4 Emisiones	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
5 Abundancia recurso-fuente	24	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
6 Poder energético	21	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
7 Impacto ambiental producción	18	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
8 Fuente renovable	17	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
9 Producción local	16	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
10 Costo producción	14	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
11 Mantenimiento vehículos	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
12 Precio vehículos	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
13 Seguridad suministro	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
14 Vida útil vehículo	8	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
15 Seguridad transporte	7	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
16 Costo transporte	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
17 Seguridad producción	6	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
18 Seguridad almacenamiento	5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
19 Costo almacenamiento	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
20 Tiempo suministro	4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
21 Reducción emisiones CO2	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
22 Ciclo de vida combustible	2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
23 Nuevas tecnologías	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
24 Calidad técnica adaptaciones	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
25 Posiciones gubernamentales	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
26 Disponibilidad combustible	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
27 Regulación	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
28 Materias primas producción	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
29 Intercambiebilidad	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
30 Calidad	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
31 Proteger vida motor	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
32 Posibilidad de Exportar	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
33 Cadena Energetica	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
34 Sustituto	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
35 Dificultad Cambio tecnológico	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
36 Cadena de Produccion	1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
		6	18	6	20	8	6	10	5	6	5	7	7	10	5	7	9	9	5	8	8	13	8	5	8	7	13	5	8	11	10	8	7	5	6	5	6	5	7	5	7

La tabla anterior presenta el total de personas que seleccionan una variable y el total de variables que se seleccionan por persona.

Los resultados anteriores son la base para realizar el cálculo del tamaño de la muestra, esto se hace con el fin de adquirir datos que sean representativos de la población. La determinación de esta es muy importante porque tiene gran influencia en los resultados del estudio, si esta es demasiado grande puede ocasionar pérdida de tiempo, recursos y dinero, y si es demasiado pequeña puede dar lugar a resultados inexactos.

Las dos formas utilizadas para obtener el tamaño de la muestra son, la estimación de una media y la estimación de una proporción. Para ambos casos se realiza el cálculo teniendo en cuenta una población finita e infinita. A continuación se presentan las ecuaciones que se utilizan.

Tabla 23. Estimación de una media.

Estimación de una media para	Ecuación
Población Infinita	$n = \frac{Z^2 S^2}{e^2}$
Población Finita	$n = \frac{S^2}{\frac{e^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$
<p><i>Z<sup>2</sup>: Z correspondiente al nivel de confianza elegido.</i>  <i>e: Error máximo.</i>  <i>N: Tamaño de la población.</i>  <i>S<sup>2</sup>: Varianza muestral.</i></p>	

(Cabrejos, 1989).

Tabla 24. Estimación de una proporción.

Estimación de una media para	Ecuación
Población Infinita	$n = \frac{Z^2 P(1 - P)}{e^2}$
Población Finita	$n = \frac{NZ^2 P(1 - P)}{Ne^2 + Z^2 P(1 - P)}$
<p><i>Z<sup>2</sup>: Z correspondiente al nivel de confianza elegido.</i>  <i>e: Error máximo.</i>  <i>N: Tamaño de la población.</i>  <i>P: Proporción de una categoría de la variable.</i></p>	

(Cabrejos, 1989).

Los cálculos se realizan por estimación de una proporción y estimación de una media, se considera una población finita e infinita para ambos casos y se tiene en cuenta para la estimación de la media el número de respuestas por persona y para la estimación de la proporción el número de respuestas por variable. Los parámetros que se definen para los cálculos son: un error máximo de 6,5% y una población universo de 45.000<sup>5</sup> personas con conocimiento sobre el tema. A continuación se presenta la tabla donde se realiza el cálculo para determinar el tamaño de la muestra.

<sup>5</sup> La población se calcula teniendo en cuenta, 100 egresados al año por universidad, 15 años de vida útil de un ingeniero, se tienen en cuenta seis universidades y cinco pregrados afines.



Los resultados de la tabla anterior muestran que para la estimación de una proporción con población infinita, se obtiene un tamaño de muestra de 135 personas y con una población finita de 136. De la estimación de la media se obtiene un tamaño de muestra para ambos casos de la población de 25 personas. Para que la muestra sea representativa de la población, se toma el mayor valor de las opciones revisadas.

Una vez se obtiene el tamaño de la muestra, se procede a realizar el instrumento 1 a las personas faltantes e identificar las variables con mayor frecuencia para elaborar el instrumento 2. Para completar el tamaño de la muestra, se realiza el instrumento 1 a personas con algún grado de conocimiento sobre el tema y de profesiones afines. A continuación se presentan los resultados finales.

Ilustración 16. Histograma de frecuencias - Instrumento 1.

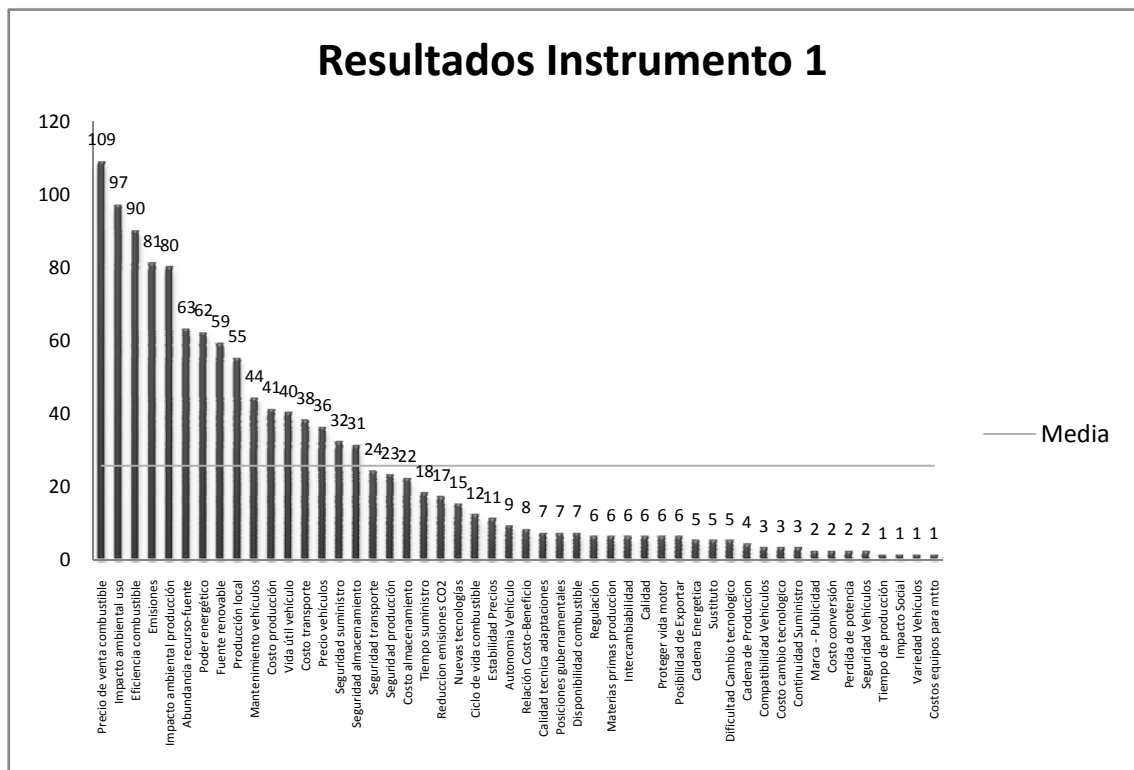




Tabla 26. Resultados generales de todas las variables.

INSTRUMENTO 1 - UNIVERSIDAD EAFIT		Frecuencia
1	Precio de venta combustible	109
2	Impacto ambiental uso	97
3	Eficiencia combustible	90
4	Emisiones	81
5	Impacto ambiental producción	80
6	Abundancia recurso-fuente	63
7	Poder energético	62
8	Fuente renovable	59
9	Producción local	55
10	Mantenimiento vehículos	44
11	Costo producción	41
12	Vida útil vehículo	40
13	Costo transporte	38
14	Precio vehículos	36
15	Seguridad suministro	32
16	Seguridad almacenamiento	31
17	Seguridad transporte	24
18	Seguridad producción	23
19	Costo almacenamiento	22
20	Tiempo suministro	18
21	Reducción emisiones CO2	17
22	Nuevas tecnologías	15
23	Ciclo de vida combustible	12
24	Estabilidad Precios	11
25	Autonomía Vehículo	9
26	Relación Costo-Beneficio	8
27	Calidad técnica adaptaciones	7
28	Posiciones gubernamentales	7
29	Disponibilidad combustible	7
30	Regulación	6
31	Materias primas producción	6
32	Intercambiabilidad	6
33	Calidad	6
34	Proteger vida motor	6
35	Posibilidad de Exportar	6
36	Cadena Energética	5
37	Sustituto	5
38	Dificultad Cambio tecnológico	5
39	Cadena de Producción	4
40	Compatibilidad Vehículos	3
41	Costo cambio tecnológico	3
42	Continuidad Suministro	3
43	Marca - Publicidad	2
44	Costo conversión	2
45	Pérdida de potencia	2
46	Seguridad Vehículos	2
47	Tiempo de producción	1
48	Impacto Social	1
49	Variedad Vehículos	1
50	Costos equipos para mantenimiento	1
<b>Media</b>		<b>25,8</b>

Las nuevas variables que aparecen en la tabla de resultados son sugeridas por las personas que respondieron el instrumento 1, de la lista total de variables propuestas se identifican las similares y las que denoten lo mismo para simplificarlas.


#### 4.5 INSTRUMENTO 2

La segunda herramienta consiste en evaluar mediante una matriz, las influencias de unas variables sobre otras a partir de la opinión de los expertos. Las variables que se seleccionan para la realización del instrumento 2 se toman por valores iguales o superiores a la media de las variables obtenidas en los resultados del instrumento 1. Estas se discuten con los expertos para comprobar que todos entiendan de ellas lo mismo. Se procede a realizar la etapa de impactos cruzados y se explica a los expertos la forma de diligenciar el instrumento y los valores que para ello se definen.

La matriz de impactos cruzados está compuesta por dieciséis filas y dieciséis columnas, donde se determina la influencia de una variable sobre las otras, el procedimiento se inicia con la primera columna izquierda donde se toma la variable uno horizontal y se mide su influencia sobre la dos vertical, posteriormente la uno horizontal sobre la tres vertical hasta completar la fila horizontal uno. Luego se hace lo mismo con la fila dos, donde se evalúa inicialmente la variable dos horizontal con la uno vertical, después dos horizontal con la tres vertical, hasta terminar la fila dos horizontal, y así sucesivamente hasta finalizar.

A continuación se presenta el instrumento 2 que se realiza a los expertos para la obtención de los datos necesarios y así poder hacer el análisis.

Ilustración 17. Instrumento 2.

<b>ESTUDIO PROSPECTIVO M.I.C. M.A.C. - Instrumento # 2</b>																		
¿Qué características se deben tener en cuenta a la hora de seleccionar un combustible alternativo para motores de automóviles en el futuro a partir del año 2012?		Nombre:																
Can base en su gran experiencia y conocimiento sobre el tema se le solicita el favor de llenar este instrumento																		
Calificación cinco -5- máxima influencia y calificación cero -0- mínima o ninguna influencia, use por favor solo números enteros: 0, 1, 2, 3, 4, 5. Gracias.																		
VARIABLES		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	PRECIO DE VENTA COMBUSTIBLE	1																
2	IMPACTO AMBIENTAL USO	2																
3	EFICIENCIA COMBUSTIBLE	3																
4	EMISIONES	4																
5	IMPACTO AMBIENTAL PRODUCCION	5																
6	ABUNDANCIA RECURSO-FUENTE	6																
7	PODER ENERGETICO	7																
8	FUENTE RENOVABLE	8																
9	PRODUCCION LOCAL	9																
10	MANTENIMIENTO VEHICULOS	10																
11	COSTO PRODUCCION	11																
12	VIDA UTIL VEHICULO	12																
13	COSTO TRANSPORTE	13																
14	PRECIO VEHICULO	14																
15	SEGURIDAD SUMINISTRO	15																
16	SEGURIDAD ALMACENAMIENTO	16																

La forma de llenar es de izquierda a derecha y hacia arriba, es decir, preguntese por favor que tanto incide la variable 1 en la 2 de este cuestionario? Felipe Gärtner Escobar  
Santiago Londoño Velásquez

Qué tanta influencia ejerce 1 en 2...? Tel: 261 93 49

Respuesta: Personalmente se cree que es de mediana influencia, por lo que se califica con 3 en el recuadro gris.

Posteriormente revise la influencia de 1 (Vertical) en 3 (Horizontal). Abril - Mayo de 2009

Luego de 1 con 4 y así sucesivamente 1 con 5, 1 con 6, etc.... 1 con 16. Medellín Colombia

Luego tome 2 Vertical y revise con 1, 2, 3, 4, 5, ..... 16 horizontales, y así sucesivamente con 3, 4, 5, 6, ..... 16 Verticales.

*Avalado por Prof. Luis Alberto Mora G. Teléfono 312 2874586 – lmora@eafit.edu.co*

#### 4.6 RESULTADOS

La matriz inicial de resultados de impactos se obtiene del cálculo del promedio de las respuestas de impactos de todas las personas que responden el instrumento 2. A continuación se presentan la matriz de promedios resultante para este estudio.

Ilustración 18. Matriz de promedios.

Promedios																	D e p e n d e n c i a ↓
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0,00	2,11	2,11	1,94	2,22	3,39	2,39	2,50	3,39	2,83	3,83	2,22	3,50	2,39	2,28	4,8	
2	2,78	0,00	2,06	4,56	2,78	1,89	1,56	3,22	2,50	2,11	2,56	1,67	1,61	2,00	1,50	1,72	
3	3,50	3,22	0,00	3,89	2,39	1,61	3,44	1,50	1,56	3,28	2,72	2,06	2,33	2,28	1,33	1,50	
4	2,39	4,89	3,17	0,00	2,94	1,72	2,22	1,44	1,44	2,61	1,61	1,83	1,83	1,83	1,33	1,28	
5	3,06	2,78	1,50	2,56	0,00	2,06	1,33	2,78	3,11	1,56	3,17	1,39	2,11	1,33	1,89	1,89	
6	4,11	2,17	1,20	1,70	2,72	0,00	1,11	3,22	3,09	0,94	4,06	1,00	2,67	1,44	2,44	1,20	
7	3,70	2,67	4,39	2,03	1,67	1,67	0,00	1,56	1,61	2,00	2,39	2,00	2,06	2,17	1,67	1,50	
8	3,61	3,39	2,11	2,72	3,22	3,94	1,09	0,00	3,39	1,61	3,56	1,72	2,39	2,00	2,56	1,09	
9	4,33	2,44	1,61	1,61	3,28	3,00	1,50	2,56	0,00	1,83	3,83	1,44	3,61	1,83	3,11	2,33	
10	2,67	2,28	2,33	3,17	1,56	1,28	1,33	1,39	1,61	0,00	1,44	4,33	2,44	3,56	1,61	1,44	
11	4,50	2,22	2,17	1,83	3,39	3,56	2,11	2,89	3,04	1,67	0,00	1,44	3,67	1,72	2,44	2,17	
12	2,22	2,11	2,00	2,33	1,44	1,28	2,00	1,61	1,39	4,11	1,78	0,00	2,22	4,11	1,56	1,33	
13	3,89	1,78	1,56	1,67	1,33	2,11	1,44	1,94	2,89	2,22	2,94	2,06	0,00	1,67	2,61	2,67	
14	2,28	2,33	2,00	2,28	1,39	1,44	1,89	1,61	1,50	3,33	1,83	3,83	2,33	0,00	1,44	1,44	
15	3,33	1,17	0,83	1,22	1,67	2,17	1,17	2,17	2,61	0,94	2,83	1,00	3,06	1,33	0,00	2,50	
16	2,72	1,56	0,83	1,33	1,89	1,50	1,33	2,00	2,06	1,06	2,83	1,17	2,89	1,44	2,89	0,00	
	Motricidad →												Media		2,12		

Una vez elaborada la matriz de promedios se procede a calcular la media de todos los promedios de la matriz, en este caso igual a 2,12. Para la conformación de la matriz de relación directa se valora como 1 las casillas con valores iguales o superiores a la media de 2,12 y con 0 las inferiores a esta, esto se hace con el fin de que la multiplicación matricial y la revisión de todas las relaciones indirectas sea más completa y profunda.

Ilustración 19. Matriz de relación directa.

Matriz Directa																		M o t r i c i d a d
Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Σ	
1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	
2	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	6	
3	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	9	
4	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	6	
5	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	6	
6	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	8	
7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	6	
8	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	9	
9	1	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	9	
10	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	7	
11	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	10	
12	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	5	
13	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	6	
14	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	6	
15	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	7	
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	4	
Σ	15	10	4	8	8	5	7	8	6	11	3	11	5	7	5	116	116	
Dependencia																Total	116	

Los valores de motricidad y dependencia directa de cada variable se estiman a partir de la matriz de relación, la motricidad se calcula de la suma horizontal de los impactos dividido entre la suma total de los valores de la matriz y entre las 16 variables, para encontrar los valores de dependencia se realiza la suma vertical de los impactos y se dividen en cada caso sobre la suma total de la matriz y entre el número particular de variables, en este caso 16. Con estos valores se procede a realizar la gráfica para analizar su estabilidad.

Los valores de motricidad y dependencia de orden indirecto se obtienen elevando la matriz de relación directa a la mayor potencia posible. La multiplicación por potencias altas, garantiza la estabilidad en el tiempo de los valores de motricidad y dependencia de cada una de las variables.

Ilustración 20. Valores de motricidad y dependencia.

	Valores en % de			
Variable	Motricidad Directa	Motricidad Indirecta	Dependencia Directa	Dependencia Indirecta
1	0,6466%	0,6319%	0,8082%	0,7701%
2	0,3233%	0,3901%	0,5388%	0,4908%
3	0,4849%	0,4800%	0,2155%	0,1860%
4	0,3233%	0,3366%	0,4310%	0,3243%
5	0,3233%	0,3901%	0,4310%	0,5034%
6	0,4310%	0,5011%	0,2694%	0,3887%
7	0,3233%	0,3527%	0,1616%	0,1656%
8	0,4849%	0,5397%	0,3772%	0,5026%
9	0,4849%	0,5311%	0,4310%	0,5713%
10	0,3772%	0,3573%	0,3233%	0,2908%
11	0,5388%	0,5861%	0,5927%	0,6576%
12	0,2694%	0,2576%	0,1616%	0,1636%
13	0,3233%	0,3635%	0,5927%	0,6001%
14	0,3233%	0,3023%	0,2694%	0,2039%
15	0,3772%	0,4418%	0,3772%	0,5034%
16	0,2155%	0,2617%	0,2694%	0,4013%

A continuación se presentan las gráficas de estabilidad.

Ilustración 21. Análisis de elasticidad motricidad.

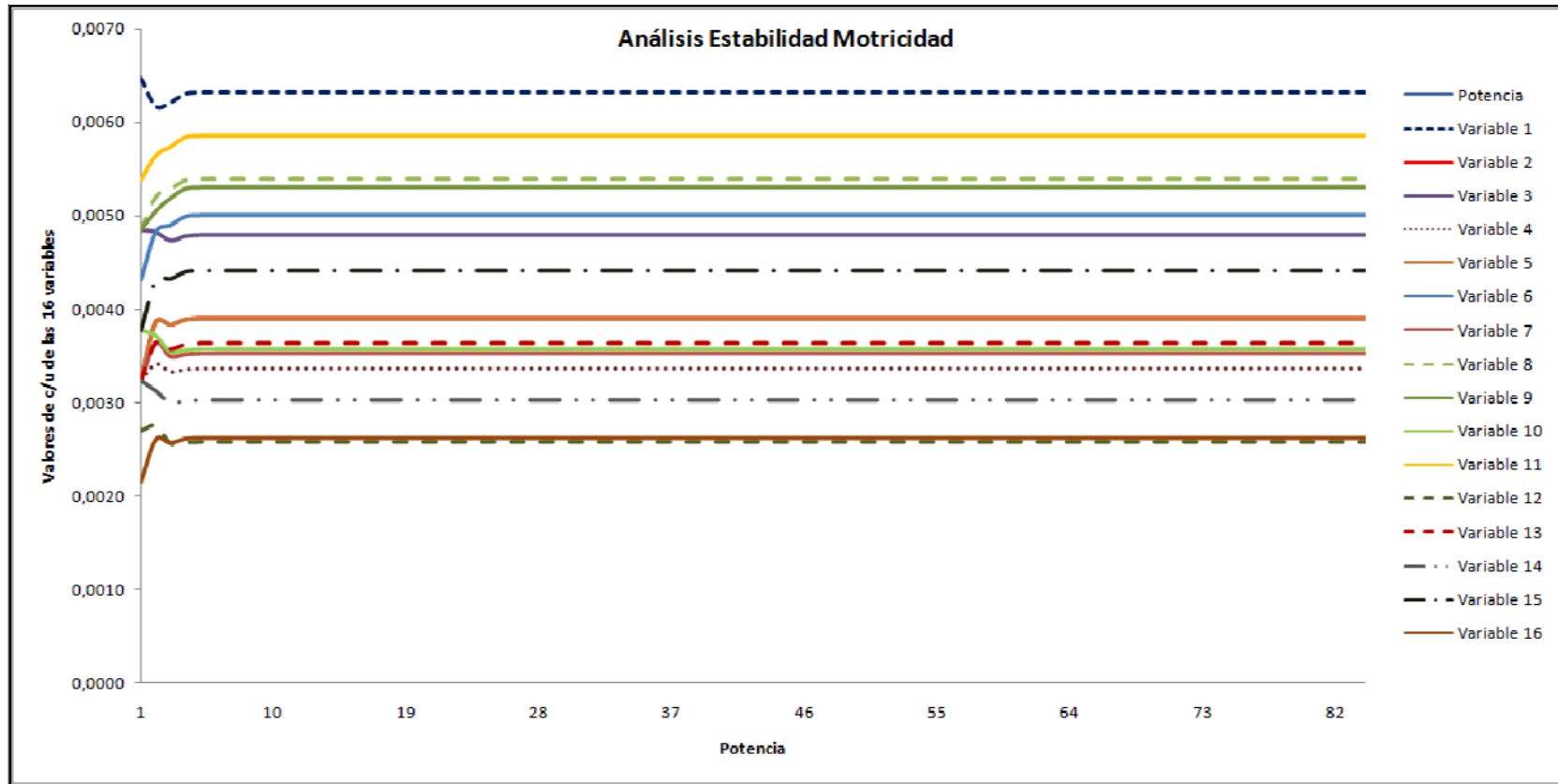
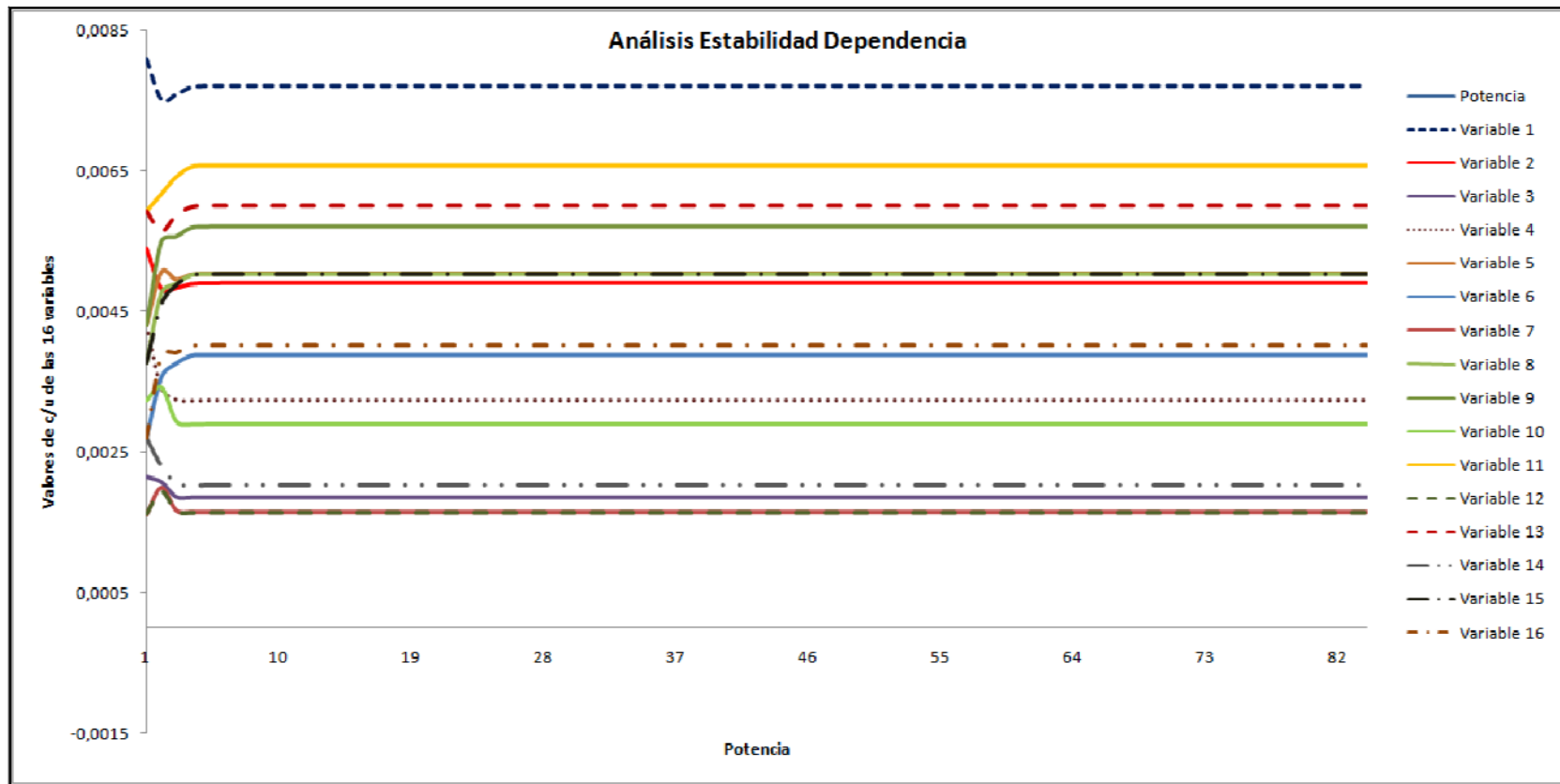


Ilustración 22. Análisis de estabilidad dependencia.



Las gráficas de estabilidad muestran que, para ambos casos, a partir de la potencia cinco, los valores de motricidad y dependencia son estables en el tiempo. No se deja influenciar en términos futuros, por lo cual sus variables no sufren ninguna transformación ni en el tiempo, ni en el espacio evaluados porque se mantienen constantes sus dos dimensiones de dependencia y motricidad, lo que garantiza la vigencia en el largo plazo (Mora, 2009).

Los mapas arquitectónicos de relaciones directas e indirectas se construyen a partir de los valores de motricidad y dependencia, es común que los resultados obtenidos en el mapa indirecto sean inesperados, porque es difícil aceptar que las variables independientes no tengan incidencia. A continuación se muestran los valores de dependencia y motricidad para la elaboración de los mapas arquitectónicos de orden directo e indirecto, se identifican además los valores que están por encima de la media con color verde y azul.

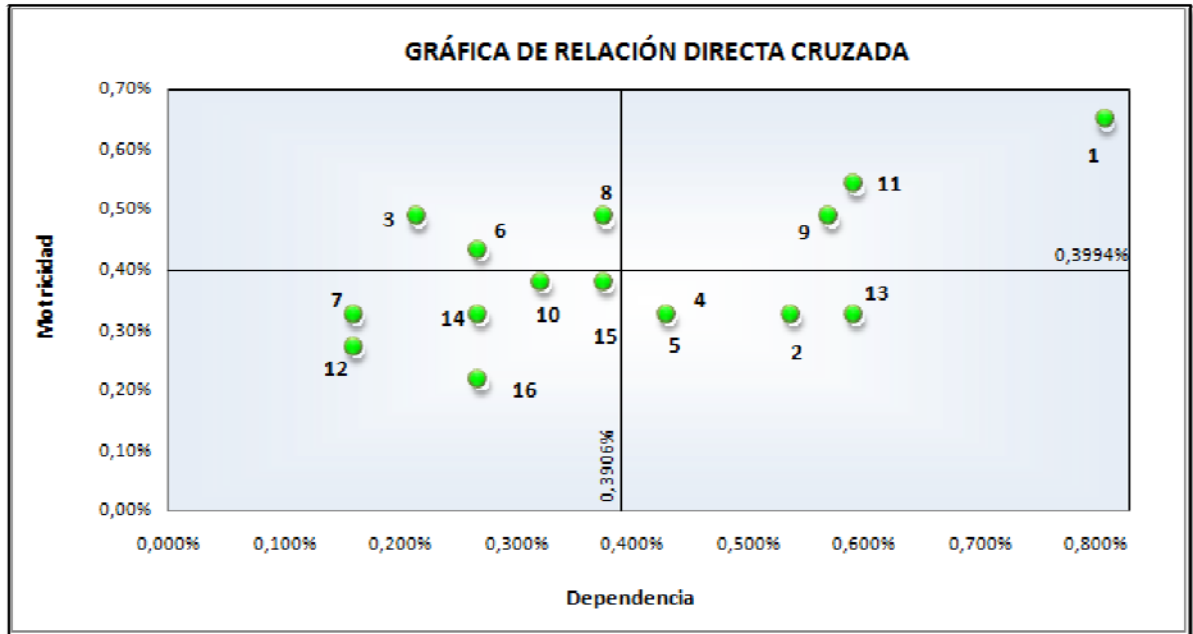
Ilustración 23. Cambio de variables

No.	DEPENDENCIA		MOTRICIDAD	
	Indirecto	Directo	Indirecto	Directo
1	0,7701%	0,8082%	0,6319%	0,6466%
2	0,4908%	0,5388%	0,3901%	0,3233%
3	0,1860%	0,2155%	0,4800%	0,4849%
4	0,3243%	0,4310%	0,3366%	0,3233%
5	0,4170%	0,4310%	0,4560%	0,3233%
6	0,3887%	0,2694%	0,5011%	0,4310%
7	0,1656%	0,1616%	0,3527%	0,3233%
8	0,5026%	0,3772%	0,5397%	0,4849%
9	0,5713%	0,5713%	0,3450%	0,4849%
10	0,2908%	0,3233%	0,3573%	0,3772%
11	0,6576%	0,5927%	0,5861%	0,5388%
12	0,1636%	0,1616%	0,2576%	0,2694%
13	0,6001%	0,5927%	0,3635%	0,3233%
14	0,2039%	0,2694%	0,3023%	0,3233%
15	0,5034%	0,3772%	0,4418%	0,3772%
16	0,4013%	0,2694%	0,2617%	0,2155%
Promedio	0,4148%	0,3994%	0,4127%	0,3906%



El mapa arquitectónico de relación directa sólo permite evidenciar correspondencias que son observables al ser humano, este se muestra en tiempo presente.

Ilustración 24. Mapas arquitectónicos de relación directa.

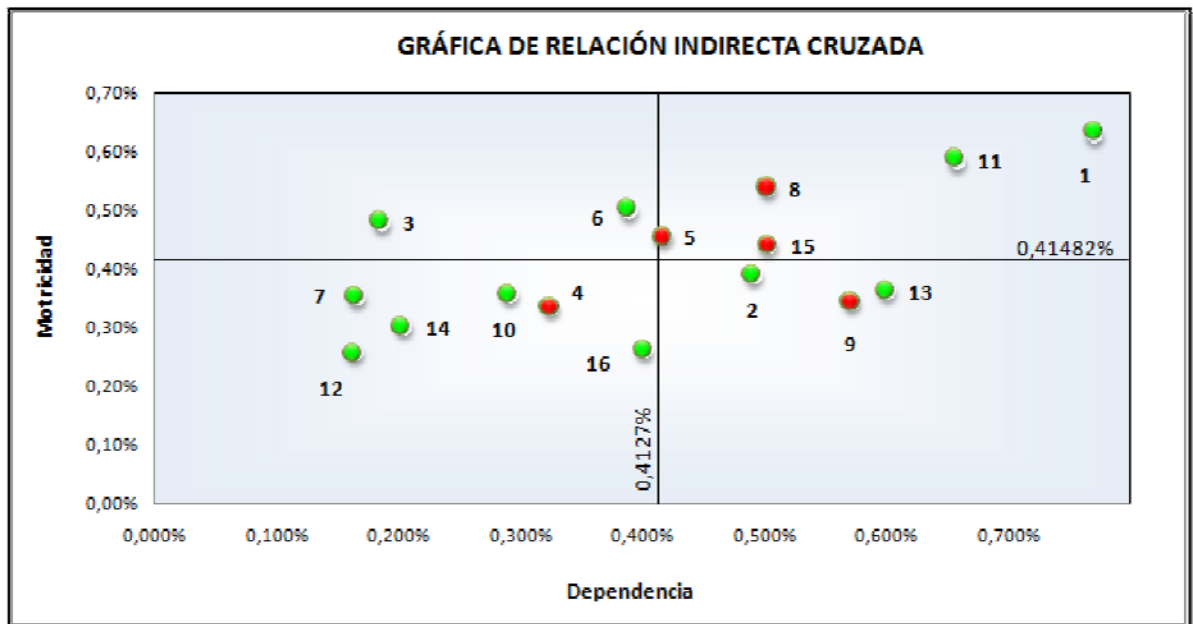


La ilustración anterior muestra que las variables están distribuidas en los cuatro cuadrantes, las variables motrices son: eficiencia combustible, abundancia recurso fuente y fuente renovable. Las variables de reflejo son, precio de venta combustible, producción local y costo de producción. Las variables dependientes son: impacto ambiental uso, emisiones, impacto ambiental producción y costo transporte. Por último, las variables independientes son: poder energético, mantenimiento vehículos, vida útil vehículo, precio vehículo, seguridad suministro y seguridad almacenamiento.

El mapa de relación indirecta permite definir las prioridades de asignación de esfuerzos en las diferentes variables motrices, el estudio este es más importante

porque el procedimiento matricial que se hace para encontrarlo, permite explorar todas las relaciones indirectas posibles entre las variables, en el él se validan las variables motrices, dependientes, de refuerzo e independientes que aparecen inicialmente en el directo. Las variables que cambian de cuadrante se presentan de color rojo en la ilustración siguiente.

Ilustración 25. Mapa arquitectónico matriz indirecta cruzada.



El mapa arquitectónico de relación indirecta presenta las variables distribuidas en los cuatro cuadrantes y muestra que hay movimiento de variables de un cuadrante a otro. Las variables motrices son: eficiencia combustible y abundancia recurso fuente. Las variables de reflejo son: precio de venta combustible, impacto ambiental producción, fuente renovable, costo de producción y seguridad suministro. Las variables dependientes son: impacto ambiental uso, producción local y costo transporte. Finalmente, las variables independientes son: emisiones, poder energético, mantenimiento vehículos, vida útil vehículo, precio vehículo, y seguridad almacenamiento.

El sistema se puede considerar como sensible a la prospección porque en los mapas estratégicos directo e indirecto, cada uno de los cuatro grupos de variables contiene al menos a varias de ellas y además hay movimiento entre los cuatro grupos de algunas variables.

#### 4.7 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La aplicación del método muestra que el sistema presenta cinco variables con movimiento, fuente renovable pasa de ser motriz a ser de refuerzo, seguridad suministro pasa de ser independiente a de refuerzo, producción local pasa de ser de refuerzo a dependiente, emisiones pasa de ser dependiente a independiente e impacto ambiental producción pasa de ser dependiente a de refuerzo. A partir de estos resultados se determina que el sistema es dinámico, es decir, que presenta cambio de su estado actual con el transcurso del tiempo.

Tabla 27. Posición de las variables en los mapas arquitectónicos.

	Directo	Indirecto (importante)
<b>Motrices</b>	<b>03, 06 y 08</b>	<b>03 y 06</b>
<b>Independientes</b>	<b>07, 10, 12, 14, 15 y 16</b>	<b>04, 07, 10, 12, 14 y 16</b>
<b>De Refuerzo</b>	<b>01, 09 y 11</b>	<b>01, 05, 08, 11 y 15</b>
<b>Dependientes</b>	<b>02, 04, 05 y 13</b>	<b>02, 09 y 13</b>

Tabla 28. Movimiento de las variables.

Variaciones	5
<b>08 Pasó de Motriz a De Refuerzo.</b>	
<b>15 Pasó de Independiente a De Refuerzo.</b>	
<b>09 Pasó de De Refuerzo a Dependiente</b>	
<b>04 Pasó de Dependiente a Independiente.</b>	
<b>05 Pasó de Dependiente a De Refuerzo.</b>	
<b>EL SISTEMA ES DINÁMICO, CON UN VALOR DEL 31,25 %</b>	

La variable fuente renovable pasa de ser motriz a de refuerzo, inicialmente se considera como una fortaleza porque para el año 2009 aún existen reservas de combustibles fósiles y esta se convierte en una posibilidad, sin embargo para el futuro, carecer de una fuente renovable se vuelve una amenaza porque pasa a ser necesario debido al inevitable agotamiento de las reservas de combustibles fósiles.

La seguridad en el suministro originalmente es una variable independiente y no afecta el sistema porque es algo que está estandarizado y que suele pasar desapercibido, una vez se aplica el método y se encuentra la matriz indirecta resulta que se convierte en una variable de refuerzo, porque si esta no se tiene en cuenta para la implementación de un nuevo combustible, se puede afectar la seguridad de las personas y por lo tanto hacerlo inviable.

La producción local inicialmente es una variable de refuerzo, se considera una oportunidad porque si el país está en capacidad de producirlo lo hace competitivo y menos dependiente de los países productores. En la matriz de relación indirecta pasa a ser una variable dependiente, presentándola como una debilidad ya que en el futuro si un combustible no se puede producir localmente, este es menos llamativo y por lo tanto su viabilidad es dudosa,

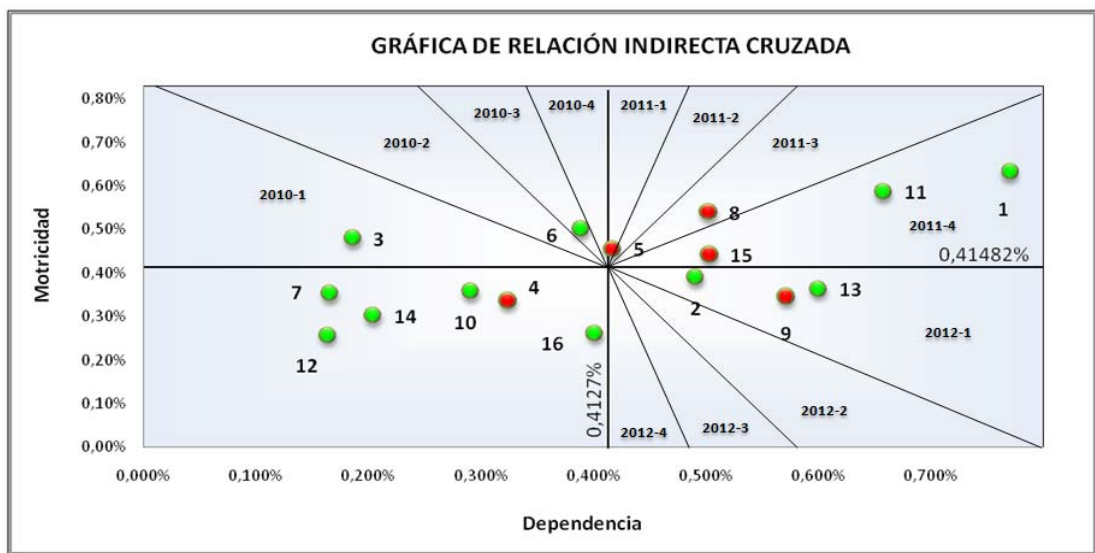
La variable emisiones originalmente es dependiente, y se considera una debilidad porque los combustibles fósiles son grandes generadores de emisiones y de contaminantes. Esta variable pasa a ser independiente, deja de ser tan relevante ya que las nuevas tecnologías de los combustibles alternativos apuestan por la reducción de emisiones y por ser amigables con el medio ambiente.

El impacto ambiental de la producción inicialmente es una variable dependiente y se considera una debilidad, porque la producción de los combustibles fósiles afecta de forma considerable el medio ambiente. Esta variable pasa a ser de

refuerzo, en el futuro se considera como una amenaza ya que si no es producido de forma limpia afecta considerablemente su viabilidad.

La acción temporal del análisis estructural de impacto cruzado se interpreta al leer del mapa arquitectónico indirecto los cuadrantes de variables motrices, luego las de refuerzo y por último las dependientes en el intervalo de tiempo estipulado, en este caso tres años, se realiza el análisis en este periodo de tiempo porque para estudios prospectivos de más de 10 años se recomienda realizarlos cada tres, además las condiciones del entorno colombiano son sumamente cambiantes.

Ilustración 26. Análisis de las variables en el tiempo.



La ilustración anterior muestra el mapa arquitectónico indirecto, en donde los cuadrantes de motricidad, de reflejo y de dependencia se encuentran divididos en 12 partes iguales que representan los años que se tienen en cuenta para este estudio. El cuadrante de las variables independientes no se tiene en cuenta porque por definición estas no coinciden en gran medida con el sistema ya que por un lado no detienen la evolución de este, pero tampoco permiten obtener ninguna ventaja del mismo.

La tabla siguiente muestra el orden cronológico en el que se deben tener en cuenta las variables y qué tipo de acciones se deben considerar.

Tabla 29. Análisis de las variables en el tiempo.

Variable	Tipo	Descripción	Actuar en el trimestre	Acción a tomar
3	Motriz	Eficiencia combustible	2010-1	Influenciar fuertemente
6	Motriz	Abundancia Recurso Fuente	2010-3	
5	Reflejo	Impacto ambiental producción	2011-1	Evaluar su dependencia y su impacto sobre las demás
8	Reflejo	Fuente renovable	2011-3	
11	Reflejo	Costo producción	2011-4	
1	Reflejo	Precio de venta combustible	2011-4	
15	Reflejo	Seguridad suministro	2011-4	
2	Dependiente	Impacto ambiental uso	2012-1	Medir el efecto logrado de las motrices
13	Dependiente	Costo transporte	2012-1	
9	Dependiente	Producción local	2012-1	
4	Independiente	Emisiones		
7	Independiente	Poder Energetico		
10	Independiente	Mantenimiento Vehiculos		
12	Independiente	Vida Util Vehiculos		
14	Independiente	Precio Vehiculo		
16	Independiente	Seguridad Almacenamiento		

La anterior tabla presenta el desarrollo de las variables en el tiempo, para el trimestre 2010-1 se debe hacer especial énfasis en la eficiencia del combustible, para luego en 2010-3 centrarse en la abundancia del recurso fuente. Para 2011-1 se debe tener en cuenta el impacto ambiental de la producción, en 2011-3 que la materia prima provenga de una fuente renovable, en 2011-4 se incrementa la actividad y se debe trabajar en el costo de producción, el precio de venta del combustible y la seguridad de suministro. Por último en el 2012-1 se debe medir el efecto logrado sobre el impacto ambiental del uso del combustible, los costos en el transporte de este y la posibilidad de ser producido localmente. Las demás variables no se tienen en cuenta en el tiempo pero no se deben descartar y deben estar en permanente vigilancia.

El tablero de análisis integral que se muestra a continuación, se elabora a partir del análisis anterior.

Ilustración 27. Análisis integral.

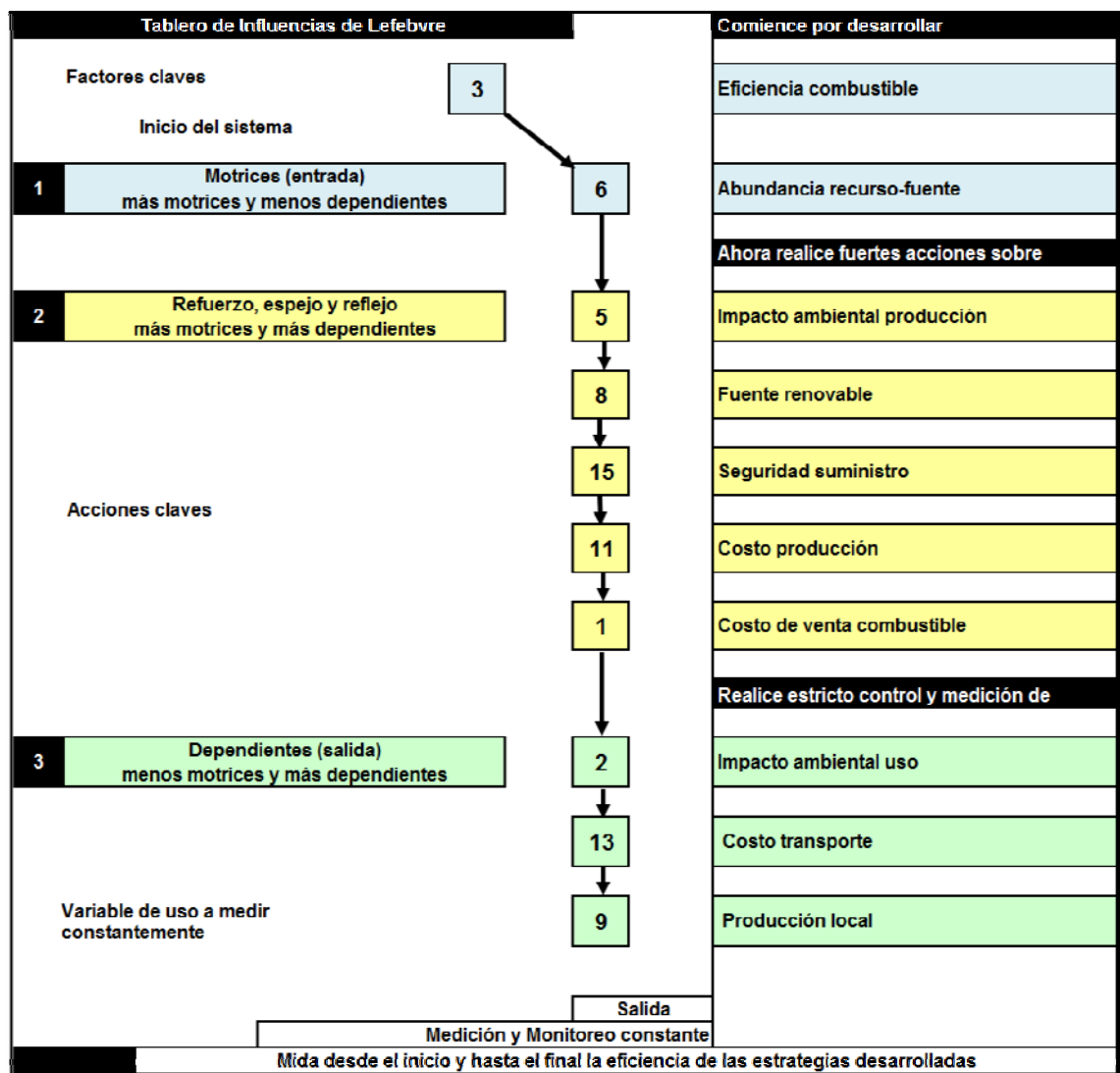
<b>RESULTADOS ESTRATÉGICOS MIC MAC SOBRE</b>	
Variables relevantes para el posicionamiento de un combustible alternativo en Colombia.	
<b>Variables Motrices</b>	
<p><i>Eficiencia combustible</i></p> <p><i>Abundancia recurso-fuente</i></p>	
Son las variables más importantes que influencia ntodo el sistema, en ellas se deben concentrar todas las acciones iniciales del plan estratégico.	
<i>Reforzar estas variables ya que son las claves en el proceso</i>	
<b>Variables De Refuerzo o De Reflejo o Tipo Espejo</b>	
<p><i>Costo de venta combustible</i></p> <p><i>Impacto ambiental producción</i></p> <p><i>Fuente renovable</i></p> <p><i>Costo producción</i></p> <p><i>Seguridad suministro</i></p>	
Se deben manejar con cautela, haciéndole seguimiento a las conductas de ellas y a las influencias que generan sobre otras variables.	
<i>Acciones a realizar en el corto y mediano plazo.</i>	
<b>Variables Dependientes o del Futuro o de control sobre la gestión - MEDIR</b>	
<p><i>Impacto ambiental uso</i></p> <p><i>Producción local</i></p> <p><i>Costo transporte</i></p>	
Son las variables que sirven de motrices en el futuro a mediano plazo después de haber accionado las motrices actuales, esto se logra disminuyéndoles dependencia y aumentándoles su motricidad.	
<i>Estas variables son de salida y son la clave para controlar la eficiencia de las acciones.</i>	
<b>Variables Independientes a no tener en cuenta.</b>	
<p><i>Emisiones</i></p> <p><i>Poder energético</i></p> <p><i>Mantenimiento vehículos</i></p> <p><i>Vida útil vehículo</i></p> <p><i>Costo vehículos</i></p> <p><i>Seguridad almacenamiento</i></p>	
Son las variables que no son relevantes al menos por el momento, no se debe invertir esfuerzo en ellas.	
<i>No se deben tocar bajo ninguna circunstancia.</i>	

La interpretación del análisis integral se realiza por medio del tablero de Lefebvre que se presenta a continuación.

#### 4.7.1 Tablero de Lefebvre

El tablero de influencias de Lefebvre, muestra un resultado contundente de cuáles son las variables claves del sistema y permite definir la secuencia lógica de las acciones que se deben llevar a cabo.

Ilustración 28. Tablero de influencias de Lefebvre.





El plan estratégico en el que se debe enfocar Colombia para desarrollar combustibles que sean competitivos y que puedan posicionarse local o internacionalmente se explica en el análisis del tablero de Lefebvre. Este define una secuencia lógica de las acciones que se deben tomar sobre las variables, para que el país en el plazo establecido sea competitivo.

#### 4.8 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

Los diferentes métodos de la futurología se aplican a expertos en combustibles, para encontrar los más opcionados en el periodo establecido.

El método MIC MAC permite, a partir de una lista de variables iniciales y una matriz que representa las influencias directas entre variables, identificar las variables claves del problema estudiado, con la ayuda de cuadros y gráficos que permiten la elaboración de un modelo.

El modelo resultante debe ser usado como una herramienta que permite seguir una guía sobre las estrategias y acciones a tomar sobre un tema en particular, en este ejemplo el posicionamiento de un combustible alternativo para automóviles en Colombia.

El mapa arquitectónico de relación indirecta es la base para definir en qué variables se debe hacer especial esfuerzo y en qué tiempo. Este presenta en algunos casos, resultados que pueden parecer poco lógicos porque el procedimiento matricial permite reconocer todas las relaciones indirectas posibles entre las variables, a diferencia del mapa arquitectónico directo en donde sólo aparecen relaciones que son observables al ser humano.

## 5. CONCLUSIONES

Las conclusiones generales de este estudio se presentan a continuación en dos diferentes categorías.

### 5.1 TÉCNICAS

El plan estratégico que resulta de la aplicación del método MIC MAC se resume en el tablero de Lefebvre. Este plan debe iniciar con la búsqueda exhaustiva de combustibles que sean muy eficientes, haciendo especial énfasis en la tecnología que se emplea para su utilización, esto se debe a que esta variable es fuertemente influyente sobre las demás, especialmente sobre: los efectos ambientales de su uso pues garantizar una alta eficiencia conlleva a disminuirlos considerablemente, y el impacto sobre la economía de los usuarios ya que si el combustible es más eficiente se gasta menos dinero por distancia recorrida.

Luego se profundiza en buscar un combustible cuya materia prima sea abundante, esta también es una variable de alta incidencia sobre las demás, principalmente sobre el precio de venta del combustible ya que si hay mucha demanda y poca oferta el precio se incrementa. Las dos variables anteriores, eficiencia combustible y abundancia recurso fuente, son las de mayor influencia sobre el sistema, estas se consideran las variables de entrada y son las que requieren atención en el corto plazo.

Una vez se realizan las acciones sobre las variables motrices, se deben centrar los esfuerzos en disminuir y controlar el impacto ambiental de la producción con el fin de hacer viable ambientalmente el combustible, debe buscarse que la materia prima provenga de una fuente renovable con el fin de evitar escases en las reservas y por ende aumento en el precio de venta del combustible.

Posteriormente se debe enfocar las acciones en garantizar la seguridad del suministro porque afecta directamente la seguridad del usuario y normalmente se tiende a pasar por alto debido a que en la actualidad se encuentra muy estandarizada, vigilando cuidadosamente los costos de producción para poder garantizar un precio de venta competitivo al consumidor final.

El impacto ambiental de la producción, fuente renovable, seguridad suministro, costo producción y precio de venta combustible, son las variables de reflejo o de refuerzo, estas son de alta motricidad y de alta dependencia lo que las convierte en variables inestables para el sistema, también se consideran como de enlace porque son las que se deben desarrollar entre las variables de entrada y las de salida. Son las que requieren atención en el mediano plazo.

La etapa final del plan estratégico consiste en llevar control y estricta medición sobre los efectos que generan en el ambiente por la utilización del combustible, se debe buscar que este efecto sea lo más bajo posible, para lo que es necesario que el combustible y la tecnología que lo use sean eficientes y que existan normativas rigurosas. Un bajo costo en el transporte depende en gran medida del tipo de combustible y sobretodo de que se pueda producir localmente, esta variable es de gran importancia porque mejora las condiciones económicas del país y lo hace más competitivo, además contribuye a tener un precio más favorable para los consumidores.

El impacto ambiental del uso, el costo de transporte y producción local, son variables dependientes, estas se influyen por las variables motrices y de refuerzo. Son consideradas como las de salida del sistema por lo tanto estas deben ser vigiladas constantemente y requieren atención en el largo plazo.

Las variables, emisiones, poder energético, mantenimiento vehículo, vida útil vehículo, costo vehículo y seguridad almacenamiento, son las variables

independientes, en general no afectan al sistema, no son influenciadas por otras, al no tener ni motricidad, ni dependencia. En este instante estas variables se consideran importantes sin embargo la aplicación del método muestra que a futuro no son tan relevantes.

El panorama mundial muestra que a corto plazo se prevé la introducción de los vehículos híbridos (gasolina electricidad), y el auge de los biocombustibles, sin embargo se proyecta que a mediano plazo haga su entrada al mercado los vehículos eléctricos, impulsados por las grandes compañías automotrices, posteriormente a largo plazo se evidencia la presencia del hidrogeno, cada una de estas etapas depende mucho de la cantidad de investigación y desarrollo y la posibilidad de producción masiva que puedan tener estas alternativas.

El caso específico de Colombia difiere un poco de lo anteriormente descrito, se muestra bastante probable un escenario en el que a mediano plazo se implementen los biocombustibles debido a la capacidad del país para su producción, mientras que a largo plazo se ve que se puede establecer la electricidad como principal abastecedor de energía para los vehículos porque el país tiene un gran potencial como productor de energía eléctrica debido a sus variados y abundantes recursos naturales.

Las posibilidades anteriormente mencionadas, están sujetas a los cambios que se puedan presentar en el mundo y en gran medida dependen de las direcciones que decidan tomar las grandes empresas automotrices, las cuales están muy influenciadas por las reglamentaciones y las ayudas gubernamentales de los países, especialmente de los desarrollados.

## 5.2 ACADÉMICAS

El estudio que se realiza utiliza la opinión de los expertos como datos iniciales, esta información proporcionada por cada uno de ellos está apoyada en su conocimiento y experiencia sobre el tema de estudio. El análisis está estructurado con base en información subjetiva, por lo tanto es importante contar con el apoyo de personas que tengan un amplio conocimiento de los temas para obtener mejores resultados.

La validez de los escenarios encontrados en el estudio, radica en gran medida en la calidad y la cantidad de información recopilada. El estudio requiere de un mínimo de datos para realizar una buena prospección. Con este fin se utilizan las herramientas estadísticas y se calcula el tamaño de la muestra.

Los métodos futurísticos prospectivos que se basan en ideas de expertos dependen de la interpretación de las personas que realizan el estudio, por este motivo siempre se incluirán errores y posibles factores de equivocación, que se disminuyen con una aplicación rigurosa y estricta de los métodos.

## 6. BIBLIOGRAFIA

Aguilar, Jorge Luis. 2007. Combustibles Alternativos convenientes para México. 2007, 64. Artículo electrónico disponible en <http://www.fide.org.mx/difusion/revista17.htm#64>.

Álvarez, Claudia. 1997. Propuesta de una metodología para la aplicación de la planificación estratégica en unidades de información. *Congreso Internacional de Información*. [En línea] 1997. [Citado el: 10 de Febrero de 2009.] <http://www.congreso-info.cu/UserFiles/File/Info/Info97/Ponencias/123.pdf>.

AOP@. 2008. La importancia del petróleo en la economía mundial. *Asociación Española de Operadores de Productos Petroleros*. [En línea] 2008. [Citado el: 18 de Septiembre de 2008.] <http://elpetroleo.aop.es/Tema10/Index1.asp>.

Arango, Santiago. 2008. Incidencias económicas del etanol como biocombustible en Colombia sobre los derivados de la caña de azúcar: Una aproximación con dinámica de sistemas. *Universidad Nacional de Colombia*. [En línea] 28 de Mayo de 2008. [Citado el: 5 de Febrero de 2009.] <http://pisis.unalmed.edu.co/avances/archivos/ediciones/Edicion%20Avances%2008%202/09.pdf>.

Arcade, Jacques, y otros. 2004. Red Colombiana de investigación en políticas y sistemas de salud. *Metodologías de investigación para el futuro*. [En línea] 2004. [Citado el: 12 de Marzo de 2009.] [www.politicaspUBLICASysalud.org/docs/metodologias\\_investigacion/godet\\_analisis\\_estructural\\_micmac.pdf](http://www.politicaspUBLICASysalud.org/docs/metodologias_investigacion/godet_analisis_estructural_micmac.pdf).

ASEPA. 2008. *Combustibles alternativos en automoción*. [ed.] Dossat. 2008. Vol. 1. 8496437809.

BFH@. 2009. Hydrogen Benefits. *Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 29 de Enero de 2009.] [http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen\\_benefits.html](http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen_benefits.html).

BIOD@. 2003. Programa estrategico para la producción de biodiesel - Combustible automotriz a partir de aceites vegetales. *Sistema de Información de Eficiencia Energetica y Energías Alternativas*. [En línea] 14 de Enero de 2003. [Citado el: 9 de Febrero de 2009.] <http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Capitulo%200.pdf>.

Brain@, Marshall. 2002. How Electric Cars Work. *How Stuff Works*. [En línea] 27 de Marzo de 2002. [Citado el: 2009 de Febrero de 4.] <http://auto.howstuffworks.com/electric-car2.htm>.

Cabrejos, Belisario. 1989. *Investigación de Mercadeo*. Medellín: Centro de publicaciones EAFIT, 1989.

Castro, Díaz-Balart Fidel. 2000. *Ciencia, Innovación y futuro*. [ed.] Grijalbo. Barcelona : s.n., 2000. Tomado de Sánchez,2005,p.40.

CEC@. 2008. Ficha tecnica: Celdas de combustible aplicadas a transporte. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. [En línea] 2008. [Citado el: 9 de Febrero de 2009.] [http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/celdas\\_combustible.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/celdas_combustible.pdf).

Costa, Joan. 2008. Planificación Estratégica ¿Qué y Por Qué? *Estrategia y Negocio*. [En línea] 05 de 04 de 2008. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] <http://www.estrategiaynegocio.com/?p=16>.

De Miguel, Enrique. 1990. *Introducción a la Gestión "Management"*. [ed.] T.T.S.I. Industriales Universidad Politecnica de Valencia. Valencia : Servicio de publicaciones de la UPV, 1990. Vol. I y II, Tomado de Mora,2009. ISBN 84-7721-127-2.

EAM@. 2009. Ethanol emissions. *Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 6 de Febrero de 2009.] [http://www.afdc.energy.gov/afdc/vehicles/emissions\\_ethanol.html](http://www.afdc.energy.gov/afdc/vehicles/emissions_ethanol.html).

Echarri@, Luis. 1998. Petróleo y Gas Natural. *Tecnun - Universidad de Navarra*. [En línea] 1998. [Citado el: 25 de Septiembre de 2008.] <http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/120PetrolGas.htm>.

EPDC@. 2009. Datos Básicos del Etanol. *Etanol UAN - Departamento de Ingeniería Química de la Universidad Autónoma de Nayarit*. [En línea] 2009. [Citado el: 4 de Febrero de 2009.]

Escorsa, Pere y De la Puerta, Enrique. 1991. La estrategia tecnológica de la empresa: una visión de conjunto. *Revista Economía industrial*. Bimestre Septiembre Octubre de 1991, 281, págs. 91-107.

ETAN@. 2001. Tecnologías y combustibles alternos - Ficha Técnica: vehículos etanol. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. [En línea] 3 de Mayo de 2001. [Citado el: 4 de Febrero de 2009.] <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/etanol.pdf>.

EUP@. 2008. Las fuentes de energía alternativas, el principal reto del sector de la automoción, según un estudio. *El Economista*. [En línea] 8 de Enero de 2008. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] <http://www.economista.es/mercados->



cotizaciones/noticias/341446/01/08/Economia-Motor-Las-fuentes-de-energia-alternativas-el-principal-reto-del-sector-de-la-automocion-segun-un-estudio.html.

EVE@. 2009. Electricity Emissions. *Alternative Fuels & Advance Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Enero de 2009.] [http://www.afdc.energy.gov/afdc/vehicles/emissions\\_electricity.html](http://www.afdc.energy.gov/afdc/vehicles/emissions_electricity.html).

Gaynor, Gerard. 1999. *Handbook of technology management*. [ed.] McGraw-Hill. New York : s.n., 1999. Tomado de Jimenez,2003. ISBN 0 07 114250 9.

GNV@. 2008. Ficha tecnica: Gas natural. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. [En línea] 2008. [Citado el: 9 de Febrero de 2009.] [http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/gas\\_natural.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/gas_natural.pdf).

Godet, Michel. 1999. *De la anticipación a la acción*. [ed.] Alfaomega. Santa Fe de Bogotá : s.n., 1999. ISBN 958-682-004-1.

Hronec, Steven M. 1995. *Signos Vitales. El empleo de las medidas del rendimiento, de la calidad, el tiempo y el coste para proyectar el futuro de la empresa*. [ed.] McGraw Hill & Interamericana de España S.A. Madrid : s.n., 1995. pág. 300. Tomado de Mora,2009,28. ISBN 0-8144-5073-3.

HYD@. 2009. Hydrogen Production. *Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Enero de 2009.] [http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen\\_production.html](http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen_production.html).

HYDG@. 2009. What is hydrogen? *Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Enero de 2009.] [http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen\\_what\\_is.html](http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/hydrogen_what_is.html).

IMX@. 2008. Acerca del Petróleo. *Instituto Mexicano del Petróleo*. [En línea] 2008. [Citado el: 18 de Septiembre de 2008.] <http://www.imp.mx/petroleo/>.

Jimenez@, Claudia. 2003. Gestión Tecnológica - Conceptos e implementación. *Universidad Nacional de Colombia*. [En línea] Abril de 2003. [Citado el: 25 de Septiembre de 2008.] Toamdo de Presentación Power Point. <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/economicas/2008551/index.html>.

Linares, José Ignacio y Moratilla, Beatriz Yolanda. 2007. *El Hidrogeno y La Energía*. [ed.] Universidad Pontificia Comillas Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI. Madrid: s.n., 2007. Libro electronico disponible en [https://www.icaei.es/contenidos/contenido\\_texto.php?contenido=816](https://www.icaei.es/contenidos/contenido_texto.php?contenido=816). 978-84-932772-9-1.

López, Ana y Míngues, María Jesús. 2002. La influencia del petroleo en la economía mundial. [ed.] Fundación Grupo Eroski. Noviembre de 2002, 60, pág. 3.

Makridakis, Spyros y Wheelwright, Steven C. 1998. *Métodos de Pronósticos*. [ed.] Limusa. Ciudad de México : s.n., 1998. Tomado de Mora,2009. ISBN: 968-18-4879-9.

ME@. 2007. Ministerio de Educación Nacional República de Colombia. *Colombia una potencia en energías alternativas*. [En línea] 20 de Enero de 2007. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/article-117028.html>.

Montes, Consuelo y Hernandez, Gildardo. 1998. Combustibles alternativos. 1998, 17.

Mora, Gutierrez Luis Alberto. 2009. *Pronósticos de demanda e inventarios*. [ed.] AMG. Medellín : s.n., 2009. ISBN 978-958-44-0233-2.

OTH@. 2009. Emerging Fuels. *Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 6 de Febrero de 2009.] <http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/emerging.html>.

PROP@. 2009. Fuel Properties. *Alternative Fuels and Advanced Vehicles Data Center*. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de Enero de 2009.] <http://www.afdc.energy.gov/afdc/fuels/properties.html>.

PROS@. 2006. Prospectiva. *Wikipedia*. [En línea] 16 de Julio de 2006. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Futur%C3%B3logo>.

Providenzia@, Christian. 2005. Gestión Tecnológica. *Monografias*. [En línea] 18 de Mayo de 2005. [Citado el: 21 de Septiembre de 2008.] <http://www.monografias.com/trabajos21/gestion-tecnologica/gestion-tecnologica.shtml?monosearch>.

RAE@. 2009. Diccionario de la Lengua Española. *Real Academia Española*. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Febrero de 2009.] [http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO\\_BUS=3&LEMA=futurologia](http://buscon.rae.es/drael/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=futurologia).

Ramirez@, Negrillo y Yanina, Giovanna. 2008. Proyecto Etanol. *Monografias*. [En línea] 16 de Julio de 2008. [Citado el: 7 de Febrero de 2009.] <http://www.monografias.com/trabajos59/proyecto-etanol/proyecto-etanol2.shtml>.

RSE@. 2008. Sustainable biofuels:prospects and challenges. *Royal Society*. [En línea] Enero de 2008. [Citado el: 6 de Febrero de 2009.] <http://royalsociety.org/displaypagedoc.asp?id=28914>.

Sánchez, Deycy Janeth y Alvarez, Ricardo. 2005. De la planeación estratégica a la planeación tecnológica. [ed.] Corporación Universitaria Autónoma de Occidente. *El hombre y la máquina*. 01 de Enero de 2005, 24, págs. 34-45.

Schifter, Isaac y López Salinas, Esteban. 1998. Los carburantes y la contaminación. *La ciencia para todos*. [En línea] 1998. [Citado el: 18 de Septiembre de 2008.] [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/159/htm/sec\\_8.htm](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/159/htm/sec_8.htm).

Suárez, Pérez Sandra. 2006. Por el aire que respiramos. *Presidencia de la República Colombia*. [En línea] 20 de Febrero de 2006. [Citado el: 20 de Septiembre de 2008.] [http://www.presidencia.gov.co/prensa\\_new/columnas/columnas169.htm](http://www.presidencia.gov.co/prensa_new/columnas/columnas169.htm).

Vargas@, Miguel. 2009. Biodiesel. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Febrero de 2009.] <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/biodiesel.pdf>.

VDE@. 2009. Ficha Técnica: Vehículo Eléctrico. *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*. [En línea] 2009. [Citado el: 10 de Febrero de 2009.] [http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/vehiculo\\_electrico.pdf](http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/466/4/vehiculo_electrico.pdf).

XAD@. 2007. Combustibles alternativos. *Xabia al día*. [En línea] 07 de Enero de 2007. [Citado el: 20 de Septiembre de 2008.] <http://www.xabiaaldia.com/nukexd/modules.php?name=News&file=article&sid=716>

Zuluaga, Carlos y Antoñana, Uxua G. 2003. Combustibles alternativos para un transporte menos contaminante. [ed.] Fundación Grupo Eroski. *Consumer Eroski*. Mayo de 2003, 66, pág. 2.