

01168

5



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**“MAPAS TECNOLÓGICOS. APLICACIÓN A LA
REFINACIÓN DEL PETRÓLEO”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA
(INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES)**

P R E S E N T A:

TOMÁS BAUTISTA GODÍNEZ

2879003



Director de Tesis: M.I. Eugenio López Ortega

Ciudad Universitaria, D.F. Enero del 2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedico este trabajo:

*A mi esposa Oli
y Mauricio mi hijo*

En memoria de mi papá, Eladio¹

A mi madre Tomasita

*A mis hermanos Oscar, Tavo, y Mela, y en especial a ella, por mostrar la entereza
para afrontar la vida.*

Y en especial y de manera muy afectuosa:

*A ella que por su naturaleza es admirable, mi tía Mari, sinónimo de amor,
bondad, dedicación, inteligencia y respeto.*

A mi tío Mere por su forma de ser.

Y a todos mis amigos...

Agradezco y dedico

*Al M.I. Eugenio López Ortega por su amistad, apoyo, dedicación y paciencia en
la realización de este trabajo que se desarrolló dentro del Instituto de Ingeniería*

Índice

Capítulo I	Introducción	1
Capítulo II	La planeación estratégica y el uso de tecnología como ventaja competitiva	5
2.1	Planeación Estratégica	5
2.1.1	La importancia de la Planeación Estratégica	8
2.1.2	Aspectos Relevantes en una Planeación Estratégica	9
2.1.3	Diagnósticos y pronósticos externos	9
2.1.4	Diagnóstico y pronósticos internos	11
2.2	Estrategia Competitiva	12
2.3	Conceptos Claves relacionados con la tecnología	13
2.3.1	Invencción/Descubrimientos/Tecnologías	13
2.3.2	Innovación Tecnológica	14
2.4	Planeación Tecnológica	14
2.4.1	Tecnología y competitividad	15
2.4.2	Tecnología y capacidad para competir	16
2.4.3	Estrategia tecnológica	16
Capítulo III	Mapas Tecnológicos, el proceso	20
3.1	Mapa Tecnológico	20
3.1.1	Definición	20
3.2	Construcción de un MT	21
3.2.1	Seleccionar los Destinos (estrategia tecnológica)	23
3.2.2	Identificación de las Rutas	26
3.2.3	Construcción de los mapas.	29
3.3	Los Mapas Tecnológicos y la Inteligencia Tecnológica	34
3.4	Formas de uso de los Mapas Tecnológicos	35
3.5	La Utilidad de los MTs	36
Capítulo IV	Caso de Aplicación	38
4.1	Reseña del Instituto Mexicano del Petróleo	38
4.2	La Directriz del IMP	39
4.3	Alcance del Trabajo	40
4.4	Desarrollo del Taller (Workshop)	42

4.5	La Encuesta Tipo DELPHI	48
Capítulo V	Análisis de Resultados	58
5.1	Resultados de la consulta a expertos (Workshop)	58
5.2	Los Resultados de la Encuesta Tipo Delphi.	68
Capítulo VI	Conclusiones y Recomendaciones	76
6.1	Las previsiones	76
6.2	El Estado del Arte de MT	76
6.3	Sobre la Propuesta de la Construcción del MT	77
6.4	Los Resultados del Workshop	78
6.5	La Encuesta Tipo Delphi	79

Anexos

Anexo A	Trabajos y Resultados de Mapas Tecnológicos
Anexo B	Sistemas Productivos
Anexo C	Las principales modalidades de cooperación
Anexo D	Función de despliegue para la calidad (QFD)
Anexo E	Comparativa de los modelos más relevantes de Mapas Tecnológicos tanto para productos como para procesos.
Anexo F	Escenarios
Anexo G	Relaciones Plataformas tecnológicas y Funciones productivas
Anexo H	Plataformas, funciones y aplicaciones
Anexo I	Preguntas del cuestionario Delphi
Anexo J	Normalización de pesos en cada pregunta para los atributos estratégicos
Anexo K	Compendio del análisis de resultados del estudio Delphi

Índice de Tablas

Capítulo I

Tabla 2- 1 Principales tópicos que deben ser considerados en los pronósticos tecnológicos.	10
Tabla 2-2 Tecnología de producto y proceso y las estrategias genéricas	17
Tabla 2-3 Liderazgo tecnológico y ventaja competitiva	17

Capítulo II

Tabla 3- 1 Sectores industriales donde se ha aplicado la técnica de MT	24
Tabla 3- 2 Características de insumo-conversión-producto de los sistemas productivos.	29
Tabla 3- 4 Clasificación de las alianzas según su naturaleza y campo de aplicación	37
Tabla 3- 5 Comparativa de algunas modalidades de MT	44

Capítulo IV

Tabla 4- 1 Plataformas tecnológicas y sus definiciones	51
Tabla 4- 2 Instituciones participantes en la encuesta tipo Delphi	53
Tabla 4- 3 Funciones tecnológicas productivas de un sistema de refinación de petróleo.	53
Tabla 4- 4 Plataformas tecnológicas para la construcción de MTPP para Refinación del Petróleo.	54
Tabla 4- 5 Tópicos para cada pregunta del cuestionario Delphi	55

Capítulo V

Tabla 5- 1 Comparativa de invitados y asistentes al Workshop para definir tecnologías emergentes para la refinación petrolera.	58
Tabla 5- 2 Funciones tecnológicas productivas analizadas en el workshop	59
Tabla 5- 3 Plataformas tecnológicas obtenidas del workshop	60
Tabla 5- 4 Componentes tecnológicos obtenidos del workshop	61
Tabla 5- 5 Instituciones participantes en la encuesta tipo Delphi	68
Tabla 5- 6 Comparativa de participación en la encuesta Delphi.	68
Tabla 5- 7 Relaciones de funciones y plataformas	70
Tabla 5- 8 Tópicos para cada pregunta del cuestionario Delphi	70
Tabla 5- 9 Normalización de pesos que obtuvieron las plataformas con relación al atributo denominado “valor estratégico” por parte de los encuestados.	71
Tabla 5- 10 Plataformas de mayor y menor impacto dentro de cada atributo estratégico	74
Tabla 5- 11 Pesos totales de las plataformas tecnológicas sobre las funciones Tecnológicas	75

Índice de Figuras

Capítulo II

Fig. 2-1 Modelo de las cinco fuerzas competitivas definidas por Porter E. Michael	9
Fig. 2-2 Relación entre la planeación estratégica y la planeación de la tecnología y los tópicos a los que debe responder	15

Capítulo III

Fig. 3- 1 El proceso iterativo de la formulación de la estrategia corporativa y tecnológica.	25
Fig.3- 2 Integración de las metas estratégicas y los destinos tecnológicos.	26
Fig.3- 3 Vinculación de los elementos que constituyen un MT.	27
Fig. 3- 4 Conceptos claves para la construcción de la Rutas del Mapa	28
Fig. 3- 5 Tercera Generación de I+D	29
Fig. 3- 6 Elementos que se deben considerar en la revisión periódica del MT	31

Capítulo IV

Fig. 4-1 Relación de tareas precedentes para iniciar la construcción de MT's	41
Fig. 4- 2 Funciones tecnológicas productivas y las aplicaciones que conforman cada una de ellas en un sistema de refinación petrolera	45
Fig. 4- 3 Sistema tecnológico productivo funcional de refinación con fuerte potencial en I+D	49
Fig. 4- 4 Resultados del taller que identifica las posibles relaciones entre las plataformas tecnológicas y funciones productivas en Ref. del petróleo	50
Fig. 4- 5 Segmento de la hoja de cálculo donde se seleccionan las relaciones de las plataformas tecnológicas sobre las aplicaciones de una FTP.	54

Capítulo V

Fig. 5- 1 Sistema tecnológico productivos de una Refinería.	59
Fig. 5- 2 Relación de Plataformas tecnológicas y FTP obtenidas del taller	65
Fig. 5- 3 Comparativo del Mapa tecnológico del resultado inmediato del taller y el resultado final	66
Fig. 5- 4 Posibles rutas que pueden sustentar una FTP para desarrollar una determinada ventaja competitiva.	67

Índice de Gráficas

Capítulo III

Gráfica 3- 2	Comparativa del comportamiento de los MTs aplicado a procesos y productos	36
--------------	---	----

Capítulo V

Gráfica 5- 1	Comportamiento de los pesos que obtuvieron las plataformas con relación al atributo estratégico “valor estratégico”	72
Gráfica 5- 2	Plataformas que tienen menor relevancia dentro de este atributo estratégico.	73
Gráfica 5-3	Plataforma tecnológicas con mayor peso dentro del atributo “valor estratégico”	73

Capítulo I Introducción

En las dos últimas décadas se observa un creciente interés por estudiar el fenómeno del desarrollo tecnológico. Esto es producto de las cada vez mayores evidencias de la estrecha vinculación entre la capacidad tecnológica y la competitividad de las organizaciones económicas.

Los avances en la electrónica, la cibernética, la medicina, la química y la conquista del espacio, entre otros; son sectores donde la tecnología ha avanzado de manera vertiginosa, lo cual ha ocasionado ajustes a las formas de competencia, agregando variables que en otros tiempos no eran consideradas de alto impacto. Estos cambios deben darse de manera ordenada, propiciando así, que las organizaciones públicas y privadas, bajo condicionantes que define el mercado, generen nuevas y mejores formas de planear la tecnología.

Los cambios tecnológicos que se generan en cualquier industria, transcurren con una velocidad tal que, a través de las técnicas tradicionales para la toma de decisiones dentro de la planeación estratégica, se vuelven obsoletos en corto tiempo, lo que ha ocasionado que diversas organizaciones de todo el mundo, busquen la manera de ligar eficazmente sus estrategias de negocio con sus estrategias tecnológicas, debido a que en muchas de ellas, se ha identificado el problema de generar proyectos que no estén acorde con lo planteado en los objetivos. De igual forma, se ha dado en distintos corporativos y más en los de base tecnológica, el desbordamiento de tecnología que no cubren lo requerido. Se ha detectado también que, las políticas externas tanto de competidores como de los gobiernos afectan a los negocios, obligando a tener estrategias dinámicas e interactivas con elementos que las sustenten. Además, a esta situación se incorpora el factor regulatorio de la sociedad, principalmente lo que concierne a la preservación del medio ambiente.

Por otra parte, se ha detectado que, programas o proyectos son mucho más efectivos si forman parte de una estrategia de desarrollo de una organización. Eventualmente, algunos proyectos aislados pueden tener éxito y una importante incidencia dentro de las empresas; no obstante, las condiciones de competitividad, las restricciones económicas y financieras, y el acelerado cambio tecnológico prácticamente obligan a las empresas a generar una estrategia general donde la tecnología es la parte medular de ésta.

A finales de los ochenta, la empresa Motolora comenzó a hacer uso Mapas Tecnológicos (MT) con el propósito de mejorar lo antes mencionado. Posteriormente fue aplicada en la industria de los semiconductores, electrónica, computación, química, la forestal (Canadá) y organizaciones tales como Phillips, Microsoft, British Petroleum, quienes se han visto beneficiadas con gran éxito en la última década, ya que permite de

manera lógica, identificar lo que debe desarrollarse para satisfacer las necesidades del mercado, optimizando recursos y sin deterioro del medio ambiente.

Ahora bien, en México, específicamente en el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) se han dado a la tarea de implementar herramientas que permitan la administración de la tecnología a través de procesos de innovación, con base en el desarrollo de prospectivas tecnológicas acorde a los tiempos actuales.

Con el propósito de fortalecer el desarrollo tecnológico del IMP para cubrir de manera fehaciente las necesidades tecnológicas de todas las subsidiarias de PEMEX, se definió un proyecto denominado "Excelencia Global" en el cual participan la UNAM, Arthur D. Little, y Battelle Memorial Institute, dicha alianza está integrada, en principio, por diez tareas y una de ellas, aplicada por primera vez en México, la denominada "Mapas Tecnológicos".

El objetivo del MT para el área de investigación de refinación de petróleo del IMP, es definir un plan detallado que mejore las capacidades tecnológicas identificadas como estratégicas, con características que permitan de manera fácil su retroalimentación para tener progresos significativos a las metas de la institución, bajo un enfoque de evaluaciones externas e internas, desarrollando planes explícitos para invertir en recursos humanos, instalaciones, y en proyectos de I+D que cubran los vacíos tecnológicos existentes y fortalezcan las metas de la organización.

En consecuencia, como objetivos de este trabajo fueron, por un lado, hacer el estado del arte de la técnica de MT; identificar los elementos más relevantes para construirlos, y la clasificación de éstos en función del enfoque para lo que fueron desarrollados. Y por el otro, definir una estructura metodológica con base en los elementos identificados en el estado del arte de MT, esencialmente para los mapas aplicados a procesos.

Con base en el planteamiento de la estructura del MT se llevó al caso práctico, con el propósito de cumplir con los objetivos que se mencionaron en párrafos anteriores para la refinación del petróleo.

Para cubrir los rubros planteados en los MT's, tarea propuesta por Battelle Memorial Institute, originó que se trabajara desde un principio en esta actividad de la siguiente forma:

Se desarrolló un estudio referente a los Mapas tecnológicos, el estado del arte, la búsqueda de información fue a través de la literatura especializada en la administración de la tecnología, en línea o revistas.

Del estado del arte se identificó que existe una estrecha relación de los MT con la planeación estratégica, específicamente en el caso de las previsiones, y el cómo dar sustento a las estrategias tecnológicas; lo que se

esperaba que fuera. De esta manera, se procuró dar énfasis a la planeación de la tecnología. Además se identificaron los elementos o actividades que más uso se hace en los MT's, como son las consulta a expertos.

Se definieron los tipos de enfoques de MT's en función a lo que están dirigidos.

Se elaboró la estructura y los elementos factibles con los que debe contar la estructura de los MT's, así como los tiempos en que deben desarrollarse, inclusive, quién debe desarrollarlos. Asimismo, se delimitó el trabajo, lo que permitió que se desarrollara para un área con fines comunes.

Se definió que era necesario hacer consultas a expertos, se propuso que fuera a través de un taller, donde participarían personas con características específicas que contribuyeran con el objetivo. Así como una encuesta tipo Delphi que permitiera validar y ampliar la información para el área en estudio. Así que la última fase, fue el análisis de resultados para proporcionarlos a los ejecutivos de la organización.

Se da la descripción del proceso detallado en los siguientes cinco capítulos. En principio, se identificó que la planeación de tecnología en el contexto estratégico, las previsiones, como se describe en el capítulo II, son de gran importancia para los negocios por permitirles identificar anticipadamente las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que afrontarán las organizaciones ya sea por ellas mismas o a través de alianzas. Las previsiones proporcionan información para tomar mejores decisiones. En dicho capítulo se hace una reseña de los elementos más importantes de la planeación estratégica; tales como la declaración de la visión-misión, objetivos, identificación de fortalezas, debilidades, oportunidades, y amenazas, así como la definición de estrategias, programas y proyectos que se deben generar para ser competitivos. Además, se hace mención de la necesidad de identificar ventajas competitivas que pueden ser por costos, diferenciación o enfoque. Y por características de este trabajo, se destacó la importancia de la tecnología dentro de una ventaja tecnológica competitiva y cómo enlazar de manera gráfica los recursos y capacidades de las organizaciones.

En el capítulo III se describe el proceso de MT, como técnica de previsión tecnológica, de igual manera se menciona el comportamiento que han tenido los MT's desde su origen, que tiene su origen a mediados de los 70 y retomada por Motorola hasta mediados de los ochenta, que es cuando comienza a ser usada por sectores industriales tales como la de semiconductores, la electrónica y otras. A conveniencia de cada negocio o entidad, se han derivado dos modalidades de MT, por un lado, es el de *productos* y el otro para *procesos*, que en su momento son definidos, así como la estructura que tienen para su aplicación. Cada Mapa Tecnológico es un documento estratégico interactivo y dinámico que se adapta a las necesidades de quien lo genera y aplica.

El tema que se trata de manera más amplia en este trabajo son los Mapa Tecnológico para Proceso Productivos (MTPP), también conocidos como Mapas de

tecnologías Emergentes (Emerging Technology Roadmap) constituidos por Capacidades tecnológicas, Componentes tecnológicos, (lugar donde se identifican los proyectos), Plataformas tecnológicas, Sistema productivo y las Estrategias tecnológicas del negocio.

En el capítulo IV, se describe la forma de cómo se llevó a cabo el MT para la refinación petrolera, trabajo desarrollado para el Instituto Mexicano del Petróleo. Se hizo una semblanza de lo que se requiere para llevar a cabo un MT, tareas tales como desarrollo de escenarios, y trabajos de inteligencia tecnológica, entre otras.

Además, se describió cómo se realizó la identificación de las funciones productivas potenciales en I+D, las plataformas tecnológicas, los componentes tecnológicos y la selección de los proyectos; así como la forma para generar las rutas y la selección de las mejores de éstas en función de las estrategias tecnológicas. Todo esto, fue a través de las consultas a expertos en dos modalidades, una a través de un taller y un estudio Delphi, el primero fue para recabar información y el segundo para que se validara y ampliara ésta.

Para las funciones productivas, se seleccionaron las más relevantes en I+D que más valor proporcionarían en términos globales a una refinería. Para el caso de las plataformas tecnológicas se generaron trece, vinculadas a cada una de las funciones productivas. Así, también, se generaron los componentes tecnológicos, identificando el grado su desarrollo. Los proyectos tecnológicos fueron agrupados en cada componente tecnológico acorde a sus características.

En el capítulo V, se describen los resultados de las consultas a expertos que son mostrados en un software denominado "Graphical Modeling Systems" despliega la información en gráficas y tablas con el propósito de facilitar la identificación de las plataformas tecnológicas y las tecnologías emergentes de mayor relevancia para la mejora, en este caso, del proceso productivo de refinación petrolera.

Las conclusiones y recomendaciones son señaladas en el capítulo VI, éstas son, tanto para el proceso metodológico de la técnica; de la forma de cómo se llevaron a cabo las consultas a expertos; y de los resultados.

Capítulo II La planeación estratégica y el uso de tecnología como ventaja competitiva

Este capítulo se dirige a establecer la importancia de la planeación estratégica en la construcción de ventajas competitivas en las organizaciones. Asimismo, se comenta la trascendencia de la tecnología como una ventaja competitiva relevante y la necesidad que existe de prever adecuadamente su desarrollo. En este punto, se señala la importancia creciente de la técnica llamada Mapas Tecnológicos (Technology Roadmaps) en el desarrollo de ejercicios relacionados con prospectiva tecnológica.

Se comentan las principales características de un proceso de planeación estratégica. Posteriormente se señala la importancia de ésta en la construcción de ventajas competitivas para la empresa y principalmente, de ventajas de tipo tecnológico. Y luego se describen brevemente algunos conceptos claves enfocados a la tecnología y su planeación. Finalmente, se analiza la importancia de la prospectiva tecnológica.

2.1 Planeación Estratégica

Por lo general la planeación “se entiende como un proceso de reflexión el qué hacer para pasar del presente a un futuro deseado”(Miklos, 1993). Este significado se caracteriza por el deseo de orientar el curso de acción que ha de adoptarse con el fin de alcanzar la situación idealizada. La definición de la situación futura y la selección del curso de acción integra una secuencia de decisiones y eventos que, cuando se realizan de manera sistemática y ordenada constituyen un ejercicio de planeación.

Como instrumento, la planeación se convierte, a través de la creación, en un factor gradual de cambio que debe generar las condiciones para afectar el presente y comprometer el futuro (Ackoff, 1986).

De las tantas corrientes de planeación, existen diversas estructuras, todas ellas derivadas del esfuerzo de formular y ejecutar un plan determinado acorde a las circunstancias, al entorno, y a las actitudes tal como lo señala Ackoff, la reactiva, preactiva e interactiva (Ackoff, 1986), las cuales aparecen combinadas en diferentes proporciones en cada individuo y organización de las cuales tiene mayor impacto la que más prevalece.

Por lo que concierne a este trabajo se enfocará a la planeación interactiva bajo un esquema que Ackoff la define como la que está “orientada hacia la obtención de un control

sobre el futuro” (Ackoff, 1986) que consiste fundamentalmente en el porvenir deseable y a la selección de alternativas para lograrlo, lo cual da cabida en un esquema de planeación estratégica.

La Planeación Estratégica en su principio recibió nombres como: “Planeación corporativa completa”, “Planeación directiva completa”, “Planeación general total”, “Planeación a largo plazo”, “Planeación formal”, “Planeación integrada completa”, “Planeación corporativa”(Steiner, 1990), y por último “Planeación Estratégica”. El adjetivo estratégico proviene desde la antigua Grecia cuando “Strategos” era el cargo de la persona que se hacía responsable de los preparativos bélicos y de comandar el ejército, de ahí que más tarde se concebía como el arte de dirigir las operaciones militares. Por lo que respecta a la administración, Fuentes se refiere a “Que la figura del enemigo queda representada por los retos que le impone el medio ambiente a la organización y la estrategia por la forma en que se aprovecha la capacidad interna para hacerles frente y salir triunfante” (Fuentes, 1998). Sin embargo, y con el tiempo seguirán cambiando los nombres, pero no la esencia del concepto para lo cual fue desarrollado, “La planeación estratégica, es un proceso sistemático más o menos estructurado de manera formal donde se establecen propósitos, objetivos, políticas y estrategias básicas para desarrollar planes detallados con el fin de poner en práctica las políticas y estrategias y así lograr objetivos y propósitos básicos de las organizaciones. Además, prevé el porvenir de las decisiones actuales mediante un proceso lógico, fundamentado en una filosofía sostenida por una estructura funcional incluyendo los horizontes de tiempo en el corto, mediano y largo plazo” (Steiner, 1990).

De acuerdo con Steiner, a la Planeación Estratégica la define desde cuatro puntos de vista, lo que permite comprenderla de una manera integral, a continuación se menciona dicho enfoque (Steiner, 1990):

El porvenir de las decisiones actuales

La planeación estratégica comprende el conocimiento de la cadena de consecuencias de causas y efectos durante un tiempo, relacionada con una decisión real o intencionada que tomará el director. Además, observa las posibles alternativas de los cursos de acción del futuro y al seleccionar algunas alternativas, éstas se convierten en el sustento para tomar decisiones presentes. Otro punto de gran importancia que se considera en la planeación estratégica es la identificación de oportunidades y peligros que pudieran surgir en el futuro; con base en esto proporcionan la base para tomar mejores decisiones en el presente para explotar las oportunidades y evitar las adversidades.

El proceso

La planeación estratégica es un proceso que abarca el establecimiento de metas organizacionales, definición de estrategia y políticas para alcanzar estas metas, y desarrolla planes detallados para garantizar la implantación de las estrategias para tratar de llegar al fin buscado. También es un proceso para decidir qué tipo de esfuerzos de planeación debe hacerse, cuándo y cómo debe hacerse, quién lo llevará a cabo y qué se hará con los resultados.

La filosofía

La planeación estratégica es parte de la empresa, es una forma de vida, una cultura, y como tal requiere dedicación para vislumbrar el futuro, y una determinación para planear constante y sistemáticamente como parte conjunta de la dirección.

La estructura

La Planeación estratégica contiene tres tipos de planes que son: los planes estratégicos, programas de mediano plazo, presupuestos a corto plazo y planes operativos:

El plan estratégico(Hellebust, 1995)

Es el movimiento planeado desde el presente incompletamente comprendido hasta el futuro deseado, así como probable, con un objetivo a varios años (misión). Y que para prepararlo, se debe comprender el pasado de la empresa; así como los recursos humanos con los que se cuenta, los productos, los mercados, el proceso de fabricación, la investigación y desarrollo, las inversiones, las relaciones públicas y gubernamentales, entre otras.

Programa de mediano plazo

La programación a mediano plazo es el proceso mediante el cual se prepara y se interrelacionan planes específicos funcionales para mostrar los detalles de cómo se debe llevar a cabo la estrategia para lograr los objetivos, misiones y propósitos de la compañía a largo plazo.

El siguiente paso es desarrollar los planes a corto plazo con base en los planes de mediano plazo. En algunas organizaciones los números obtenidos durante el primer año de los planes a mediano plazo son los mismos que aquellos logrados con los planes operativos anuales o a corto plazo.

No obstante, existen otras maneras de definir a la planeación estratégica como es el caso de Sheldon (1989) donde declara que la planeación estratégica implica creatividad, innovación y liderazgo, lo cual es enfatizado en los siguientes puntos que caracterizan el proceso:

- Conocimiento de la importancia de la necesidad de evaluar a través de un análisis DAFO.
- Buena participación para evaluar las necesidades por un grupo representativo de clientes.
- Habilidad para el desarrollo de la misión, así como la declaración de metas y objetivos.
- Ingenio en la selección de las estrategias para implementar los objetivos.
- Entendimiento claro de cómo medir de manera cuantitativa y cualitativa del desempeño.

Por otra parte, Sutton (1993) resume a la planeación a largo plazo o planeación estratégica como un mecanismo mediante el cual una organización colecta y evalúa información propia y su relación con el ambiente, genera proyecciones relacionados a los

cambios en este ambiente, y fija las metas organizacionales basadas en esas proyecciones, lo cual sirve para caracterizar el progreso. Arsmtrong (1990) ve de manera puntual a la planeación estratégica como la creación de ligas disponibles entre los objetivos de la organización y recursos, y las oportunidades que genera el ambiente. Él nota que los pasos esenciales son la expresión de propósitos, articulación de los sistemas de valor (qué es lo que se ha visto como importante de la organización), políticas (declaración de principios), y objetivos.

Otras definiciones hacen énfasis en desarrollar alianzas, asociarse con proveedores y clientes claves. Esto por la turbulencia del ambiente, como es el caso del desarrollo de la tecnología, la cual se tiene que monitorear y obtener trayectorias, por ejemplo, la multimedia y la farmacéutica (Taylor, 1997) que pueden cambiar el comportamiento de la industria. Así pues, la planeación estratégica es un concepto ampliamente reconocido en la literatura especializadas; muchos reportes de recientes años incluyen comentarios o recomendaciones con relación a esto y hacen énfasis en la declaración de la misión. Ryan (1997) identifica que la declaración de la misión, y los objetivos forman la plataforma de lo que es la planeación estratégica así como las actividades que son establecidas por la empresa.

Cada una de las definiciones antes mencionadas tienen mucha similitud y casi siempre convergen a la estructura planteada por Steiner; no obstante, la mayoría de éstas hacen énfasis en el desarrollo de una misión, objetivos, metas, desarrollo de estrategias, etc. Sin embargo, no se menciona la importancia de evaluar trayectoria de la organización, lo que incide en una adecuada formulación de una estrategia dinámica adecuada y lo que permite que caiga en algo ficticio o inalcanzable por no contar con recursos suficientes o no prever amenazas emergentes. Además, dentro de la estructura no se plantea la forma de cómo enlazar y cómo sobrevivir a la turbulencia del ambiente y los cambios vertiginosos, ni tampoco la manera de vincular los recursos y capacidades reales con que cuenta la organización para alcanzar los objetivos.

2.1.1 La importancia de la Planeación Estratégica

La planeación estratégica es de gran valor en cualquier empresa ya que cumple la función de formular y contestar preguntas de manera ordenada tales como: ¿Cuál es la línea básica de nuestro negocio?, ¿Cuál es nuestra filosofía y nuestros propósitos fundamentales? ¿Cuáles son los objetivos de la empresa a largo y mediano plazo?, ¿Están estos últimos en equilibrio?, ¿Qué productos serán obsoletos?, ¿Cómo y cuando deberán ser reemplazados?, ¿Cuál será nuestro flujo de caja en los próximos años?, ¿Dónde están y cuales son nuestros competidores?, ¿Qué participación en el mercado queremos obtener y cómo se puede lograr?, ¿Quiénes son nuestros competidores principales? ¿Cuáles serían sus ventajas de nuestros competidores?, ¿Cuáles son los cambios más importantes en nuestro ambiente que nos afectarán? Y ¿Cuáles serán las oportunidades que explotar o peligros de evitar?, las cuales son la base para tomar decisiones correctas para la supervivencia.

Además introduce un conjunto de fuerzas decisivas en un negocio, como es simular el futuro. Esto lo hace bajo un principio de prospección, ya que considera el futuro como un horizonte abierto, susceptible no sólo de ser diseñado sino también construido, lo cual

funciona a la inversa del procedimiento tradicional de planeación. Bajo el futuro prospectivo se determina el futuro deseado, se diseña creativa y dinámicamente, sin considerar el pasado y el presente como restricciones. Y con base en ello se analicen y exploren los futuros factibles con el fin de que seleccione el más satisfactorio. Todo esto, al asesor le permitirá ver, evaluar y aceptar o descartar numerosas alternativas que así convengan.

2.1.2 Aspectos Relevantes en una Planeación Estratégica

En la planeación estratégica se mencionan cinco fuerzas del sector al que se pertenece.

En la Fig. 2- 1 se muestran las posibles fuerzas dentro del ambiente operativo de un sector, tales como los competidores, clientes, proveedores, productos sustitutos y nuevos competidores, con el fin de identificar en qué forma y bajo que condiciones se espera mayor presión; estas fuerzas tienen un definitivo impacto sobre los costos y precios de las empresas.

Cinco fuerzas de análisis
Del sector industrial

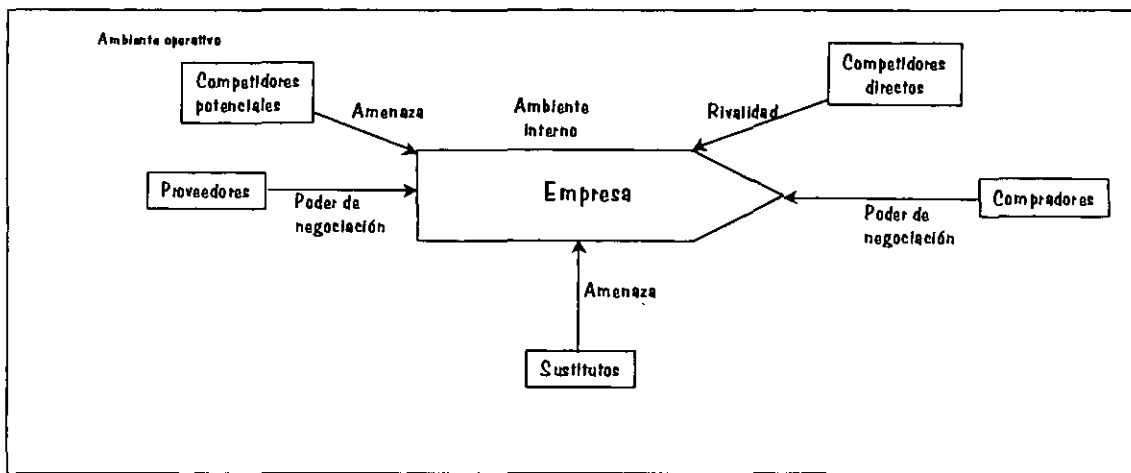


Fig. 2-1 Modelo de las cinco fuerzas competitivas definidas por Porter E. Michael

Con base en las cinco fuerzas competitivas de Porter, se debe tener claro el conocimiento del ambiente, y previsiones del comportamiento futuro.

2.1.3 Diagnósticos y pronósticos externos

Se trata de la evaluación cuidadosa del entorno en el que opera la organización a fin de identificar y medir:

- ✓ Las oportunidades de la organización que corresponden a los factores externos que pueden beneficiarla.

- ✓ Las Amenazas son los factores internos que pueden perjudicar a la organización en determinada actividad.

Es decir, los términos de oportunidades y amenazas, hacen referencia a aquellas condiciones favorables o desfavorables para la empresa que derivan de los cambios que se dan en el medio ambiente. Fuentes sugiere un procedimiento para establecer las oportunidades y amenazas, el cual contempla las siguientes etapas(Fuentes, 1988):

- Explorar el medio ambiente para definir los cambios más significativos que se han dado en los últimos tiempos y los que se pudieran anticipar para el futuro.
- Indicar qué probabilidad o grado de certeza se atribuye a la ocurrencia de cada uno de esos cambios.
- Establecer qué oportunidades y qué amenazas se abren para la organización si llegan a concretarse dichos cambios.
- Valorar el nivel de impacto que se tendría

Para la identificación de las oportunidades y amenazas se desarrollan técnicas de pronósticos en distintos ámbitos como es el caso de los pronósticos económicos, tecnológicos, sociales y políticos, los cuales son factor clave de análisis.

Pronósticos económicos

Se requiere un escenario de alternativas y de los cambios económicos para las regiones o países que más impacto pudiera tener para la firma.

Pronósticos tecnológicos

Se pueden llevar a cabo a través de “Encuestas tipo Delphi, extrapolación de curvas de producción, extrapolación histórica, y escenarios, entre otros.” (Makridakis, 1989). “Los cuales representan diferentes espacios de pronósticos, por definición ellos requieren de alguna estructura; la identificación de sus principales factores para ser considerados y a la vez, la relación entre éstos” (David, 1997). En este caso se requiere una serie de pronósticos sobre las tecnologías que utiliza la empresa. En muchas ocasiones es posible adquirir estudios elaborados por empresas especializadas, en otros casos será necesario complementar la información disponible con la aplicación de metodologías especialmente desarrolladas para este fin.

El documento de un pronóstico debe ser conciso, ya que está en función de quien lo usa. Los requerimientos para un pronóstico de tecnología deben plantearse en principio las fronteras del área que va a cubrir –qué entra y qué no-, identificar las fuerzas externas claves, identificar tendencias y restricciones, también deben considerarse los factores económicos externos, políticos y sociales que son los que ponen principal restricción a las tecnologías. En la **Tabla 2- 1** se muestran los principales tópicos que deben ser considerados en este tipo de pronósticos.

Tabla 2.1. Elementos que debe contener un pronóstico de tecnología (Steel, 1989)

Demarcar el área a cubrir
Identificar los factores claves externos
Identificar restricciones y tendencias claves
Identificar probabilidades de secuencia de las aplicaciones
Inferir predicción de eventos
Evaluar la rapidez de evolución de las tecnologías

Esta área es, por lo general, el dominio de los ingenieros de diseño de producto/proceso y de las funciones de investigación y desarrollo, siendo necesario traducir al resto de los directivos las implicaciones que para la organización puedan tener los cambios tecnológicos que se estén pronosticando” (Steele, 19889).

2.1.4 Diagnóstico y pronósticos internos

Se trata de la evaluación cuidadosa de la propia organización a fin de identificar y medir por un lado:

- Las fortalezas que son las ventajas que la organización realmente posee con relación a las principales empresas participantes.
- Las debilidades son los aspectos que presentan rezagos y que constituyen obstáculos a la adecuada capacidad de ofrecer al mercado productos y servicios con los niveles de precio, calidad, oportunidad entre otros.

Pronósticos internos

Se busca estudiar la tendencia que presenta la empresa en el horizonte de planeación al haberse instrumentado las estrategias formuladas en ciclos de planeación estratégica anteriores. Se trata de contestar el siguiente tipo de preguntas:

- ¿Qué pasará con la empresa si no efectuamos cambios de la manera en función de lo que actualmente se espera?
- ¿Qué resultados se pueden esperar de las estrategias que se han diseñado en el pasado?
- ¿Es viable la empresa en seguir con el rumbo que lleva?.

Lo antes mencionado, conlleva a la elaboración de las estrategias con las cuales la organización tiene que sobrevivir. El concepto de las estrategias competitivas son elementos esenciales para la planeación estratégica, por tal motivo, a continuación se hace una descripción al respecto.

2.2 Estrategia Competitiva

Michael Porter ha desarrollado ampliamente el concepto de estrategia competitiva (Porter, 1985) basada en una estructura apoyada en la satisfacción de las necesidades del cliente. Por tal motivo, el objetivo de una estrategia competitiva es distinguir la ruta que dé una ventaja sustentable para ofrecer un valor superior al cliente; surgen tres opciones para

hacerlo: *costo, diferenciación, segmentación o enfoque*. La ventaja en *costo* puede obtenerse a través de una economía de escala; de propiedades tecnológicas; o al acceso de bajos costos de insumos. La *diferenciación* busca ser única ante las expectativas del cliente, por supuesto, con un determinado precio premio del producto. Aunque la singularidad quizá debe ser relacionada con los atributos del producto, pudiendo venir esto, desde el enfoque del mercado, servicios u otros factores similares. Para la *segmentación* se concentra en la estrechez de un mercado con una característica especializada alcanzada ésta ya sea por costo o por diferenciación. A continuación, dentro de las estrategias genéricas se describen los conceptos de liderazgo en costo y liderazgo en diferenciación y enfoque, conceptos desarrollados por Porter, Michael (1987).

Liderazgo en costo

El liderazgo en costo es una de las tres ventajas competitivas que define Porter, la cual consiste en que “una empresa se propone ser el productor de menor costo en un sector industrial”(Porter, 1987).

Diferenciación

En una estrategia de diferenciación, lo que busca la empresa es ser única en su ramo de acuerdo con algunas dimensiones que son en gran medida apreciadas por los compradores. Lo logran haciendo énfasis en lo que los compradores del producto consideran como un atributo relevante y se pone en exclusiva a satisfacer esas necesidades.

Enfoque

Para Porter (1987) esta consiste en hacer la elección de un panorama de competencia estrecha en un sector industrial. En esta estrategia, la empresa se define por atender a un determinado segmento del sector industrial con la exclusión de la parte restante.

Para poder sustentar cualquiera de las tres estrategias genéricas se tiene que comprender que existen varias formas de lograrlo ya sea, teniendo una ventaja competitiva en costos, en diferenciación o en enfoque. No obstante, puede verse en las cadenas de valor establecidas por Porter (1987), que la tecnología es catalogada como una actividad donde se puede definir una ventaja competitiva, en la cual “Cada actividad de valor representa tecnología, sea conocimiento (know-how), procedimientos, o la tecnología dentro del equipo de proceso, y el proceso mismo. El conjunto de las tecnologías empleadas por la mayoría de las empresas es muy amplio, yendo desde el uso de la tecnología para preparar documentos y transportar bienes a aquellas tecnologías representadas en el producto mismo” Porter (1987).

2.3 Conceptos Claves relacionados con la tecnología

2.3.1 Invención/Descubrimientos/Tecnologías

El origen de los procesos de la innovación tecnológica son la invención y el descubrimiento, que a su vez, son resultado de procesos creativos, de los cuales muchas

veces son difíciles de predecir y planear debido a la complejidad del entorno y las capacidades de la organización.

La investigación básica se refiere a las actividades que están involucradas a la generación de nuevos conocimientos.

La investigación de la ciencia aplicada es generada en particular para resolver problemas técnicos que preocupan a la sociedad.

Por lo cual, entre hacer investigación científica y usar las invenciones y descubrimientos, crea exitosamente la innovación y culmina como "La tecnología que son los conocimientos teórico-prácticos, habilidades, y artefactos que puedan usarse para desarrollar productos o servicios" (Burgelman, 1996).

Dentro de la I+D como parte de una estructura organizacional se manejan estos conceptos, descubrimiento, invención, y la tecnología como un insumo más que debe ser sabiamente combinado con la disponibilidad de capital, trabajo y recursos naturales para lograr el efecto deseado. Este concepto va más allá cuando se habla de innovación por la razón de que se arma un paquete tecnológico definido como "... el conjunto de conocimientos empíricos científicos, nuevos o capacitados de acceso libre o restringido, jurídico, comerciales, necesarios para producir un bien o servicio" (Waissbluth, 1982), que dentro de él se encuentran los distintos tipos de tecnología, tales como: tecnología de producto, de proceso, y de operación, los cuales se describen a continuación, (Cadena, 1986).

Por *tecnología de producto* se entiende la parte del paquete tecnológico relacionado con las normas, las especificaciones y los requisitos generales de calidad y presentación que debe cumplir un bien o servicio.

La *tecnología de proceso* está relacionada con las condiciones, procedimientos y formas de organización necesarias para combinar equipos insumos, recursos humanos y bienes de capital de la manera adecuada para producir un bien o servicio. Este tipo de tecnología está asociada con los manuales de proceso, los manuales de planta, los cálculos de rendimientos, los balances de materia y energía, el arreglo físico del equipo (Lay-out), los manuales de operación etc.

Por último la *tecnología de operación* es aquella que se refiere a las normas y procedimientos aplicables a las tecnologías de producto, de equipo y de proceso y que son necesarias para asegurar la calidad, la confiabilidad, la seguridad física y la durabilidad de la planta productiva y de sus productos. Este tipo de tecnología exige una fuerte incidencia de conocimientos que son fruto de la experiencia, y comprende la información contenida en los manuales de planta, los manuales de operación, las bitácoras y la prestación de asistencia técnica por expertos.

2.3.2 Innovación Tecnológica

La relación empresarial es una directriz fundamental para los procesos de innovación. Estas se refiere a crear nuevas combinaciones de recursos para hacer posible la innovación, que traen juntos la técnica y el mundo comercial de manera rentable, efectiva y eficiente.

Algunas innovaciones que son fundamentadas en la tecnología es por ejemplo la inyección electrónica de combustible (fuel injection elctronic), las computadoras personales o las posibles emergentes dentro de una refinería de petróleo derivadas de la necesidad de resolver las restricciones ambientalistas y el uso de hidrocarburos con características difíciles de tratar con el fin de cumplir con la primera necesidad. Otras innovaciones, tales como productos o servicios detallados y servicios financieros son generados por las nuevas tecnologías, como puede ser el procesamiento tecnológico de datos. El criterio de éxito para una innovación está basada más en lo comercial que en lo técnico, debido a que se usan elementos de retorno de inversiones y sus utilidades, esto requiere que el mercado sea lo suficientemente grande para que la innovación pueda ser desarrollada.

La innovación se puede clasificar en tres diferentes formas *la incremental* que consiste en la adaptación, refinación, y mejoramiento de los productos y servicios existentes y/o mejoramiento de los sistemas de producción, por ejemplo, la nueva generación de los microprocesadores; *la innovación radial* consiste íntegramente el la categoría de nuevos productos y servicios y sistemas de producción; La innovación arquitectónica se refiere a la reconfiguración a los sistemas de componentes que constituyen al producto, por ej. la miniaturización de los componentes claves del radio.

Los conceptos mencionados e identificados sus roles dan paso a definir cómo llevarlos a cabo en las instituciones de manera ordenada y concisa a través de planeación de la tecnología.

2.4 Planeación Tecnológica

En esta parte se describe el proceso de planeación tecnológica, así como la relación entre tecnología y estrategia a distintos niveles.

1.- La dimensión tecnológica como insumo al proceso de planeación estratégica. En este caso la tecnología es una más de las variables que intervienen en el proceso de planeación estratégica que debe considerarse. A lo largo de todo el proceso es necesario identificar y analizar información interna y externa de índole tecnológica. La responsabilidad de este caso recae, en aquellos directivos que más cercanos se encuentran al entorno tecnológico: decisores de tecnología o Chief Technology Officer (CTO), personal de I+D, ingeniería, y operaciones. Aunque la influencia de la tecnología puede ser tan alta que todos los directivos deben tener una buena capacidad para atender las implicaciones competitivas de los cambios tecnológicos.

2.- La planeación estratégica en empresas de base tecnológica. La variable tecnológica es la de mayor importancia dado el tipo de organización. En el caso de compañías en tecnología el proceso de planeación estratégica debe darle especial énfasis al monitoreo del entorno (competencia y desarrollos tecnológicos). En este caso se tiene mayor incertidumbre sobre el futuro por lo que los planes deben ser más flexibles, siendo el área de I+D la de mayor envergadura.

3.- En la estrategia tecnológica de una organización. Se busca contestar cuatro aspectos:

- ¿Cuál es la importancia relativa de la tecnología para el desarrollo competitivo de la organización?
- ¿En dónde invertir para lograr un desarrollo tecnológico?
- ¿Cómo elegir entre varias en cuanto a si conviene o no buscar un liderazgo?
- ¿Cómo elegir con relación al origen de los conocimientos necesarios: autogeneración vía I+D o compra de otros?

4.- El plan estratégico de la función tecnológica. Formulación del plan funcional del área responsabilizada por el desarrollo tecnológico asociado a las de las operaciones.

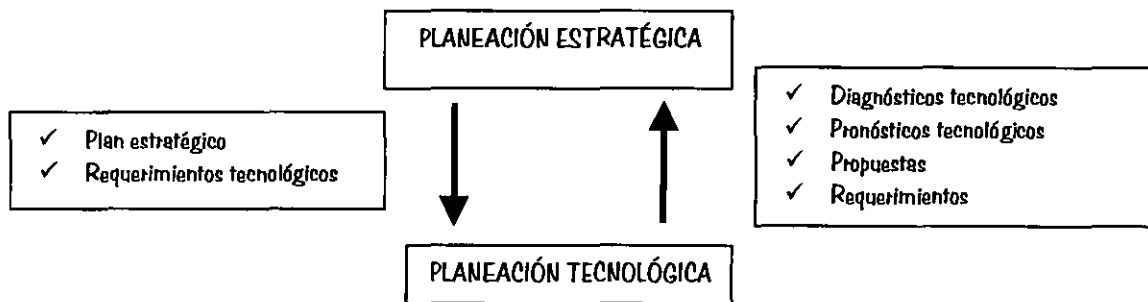


Fig. 2-2 Relación entre la planeación estratégica y la planeación de la tecnología y los tópicos a los que debe responder¹

La relación planteada en los puntos anteriores puede mostrarse en la Fig. 2- 2 que conecta a la planeación estratégica y la planeación tecnológica, así como lo que proporciona cada uno de ellos. Del esquema anterior se plasma el flujo de los requerimientos que forman un ciclo retroalimentador, esto dará cabida a la forma de estructurar un Mapa Tecnológico.

2.4.1 Tecnología y competitividad

“El cambio tecnológico es uno de los principales factores que afectan el grado de competencia en una industria, jugando un papel muy importante en el cambio estructural y en la creación de nuevas industrias. De todos los factores que pueden cambiar las reglas del juego el cambio tecnológico es el más prominente” (Porter, 1985).

¹ Planeación estratégica y planeación tecnológica; Arturo García Torres; PROTEC, 1991

El cambio tecnológico no es importante en sí mismo; lo es si afecta la ventaja competitiva y la estructura industrial, por lo que es conveniente concentrar la atención sobre cómo una organización puede reconocer y aprovechar las implicaciones competitivas de cambio tecnológico, lo cual puede ser posible a través de:

- Conceptualización de la tecnología en la organización
- Relación entre tecnología y capacidad para competir: logro de una ventaja competitiva sostenible
- Métodos para seleccionar una estrategia tecnológica
- Pronósticos del cambio tecnológico conforme evoluciona una industria

2.4.2 Tecnología y capacidad para competir

Toda organización comprende un número de tecnologías como puede ser para productos o para procesos de manufacturación (paquete tecnológico), pueden tener un impacto significativo en la habilidad de competir de una organización. Existen varias tecnologías en todas las funciones de una empresa:

1. Administración general, planeación, finanzas, etc. (infraestructura de la empresa). Tecnología de la información.
2. Desarrollo tecnológico: herramientas para el desarrollo de software, administración de proyectos de I+D.
3. Adquisiciones: tecnologías de sistemas de comunicación de transporte.
4. Logística de entrada/salida: tecnología para el manejo de materiales, tecnología de pruebas.
5. Operaciones: tecnología básica de procesos, tecnología de materiales, tecnología de máquinas herramientas, métodos de mantenimiento.
6. Comercialización y ventas
7. Servicios

De lo anterior es posible definir que:

Una elección tecnológica en una parte de la organización puede tener implicación para otras partes de la empresa.

Las tecnologías de la empresa son claramente interdependientes de las tecnologías de los compradores y de los proveedores.

La tecnología afecta la ventaja competitiva si tiene un papel significativo en la determinación de la posición relativa de costos o diferenciación.

La tecnología es un determinante básico de la estructura del sector industrial en la medida que la tecnología se use ampliamente en la industria, por lo tanto la tecnología puede afectar las cinco fuerzas competitivas planteadas por Porter.

2.4.3 Estrategia tecnológica

El rol más obvio de la tecnología es mantener un producto competitivo, ya que los elementos convencionales de competencia de estos son: sus características tecnológicas,

desempeño y costo de producción respaldadas por el diseño del producto y en el proceso de su sistema funcional; de donde se desprende dos cuestionamientos: ¿estamos seguros que la tecnología convencional normalmente incorporada en nuestros productos, procesos, distribución y servicios que estamos usando es la efectiva y la apropiada? y ¿estamos haciendo una apreciación sin apasionamiento de que se puede dar la posibilidad del desarrollo de una tecnología emergente que puede desplazar lo que nosotros estamos haciendo?.

Porte define a la estrategia tecnológica como “el enfoque de una empresa para el uso y desarrollo de la tecnología, Porter (1985). De la cual, se desprende la innovación como una de las principales formas de atacar a competidores bien posicionados: no obstante, la estrategia tecnológica es un elemento de la estrategia competitiva general y como se ha mencionado debe estar interrelacionado con las actividades de valor. La estrategia tecnológica debe tratar tres amplios aspectos:

Qué tecnología desarrollar.

Las tecnologías que deben ser desarrolladas son las que contribuirían al máximo a la estrategia genérica de la empresa, comparadas con la probabilidad de éxito en desarrollarlas. Cabe aclarar, que existen empresas que están más interesadas por el éxito científico de la I+D que por una ventaja competitiva buscada, no obstante, en la **Tabla 2- 2** se observa claramente que la I+D está enfocada a dar consistencia a una ventaja genérica.

Buscar o no el liderazgo en esas tecnologías.

Una empresa busca ser la primera en introducir cambios tecnológicos que apoyen a su estrategia genérica y otras simplemente se consideran seguidora de las tecnologías y aún más otras ni lo consideran. Esto permite lograr un bajo costo o diferenciación como se puede observar en la **Tabla 2- 3** Muchas empresas por un lado tratan de ser líderes en diferenciación a través del liderazgo tecnológico y al mismo tiempo son seguidores para obtener bajos costos. No obstante, en un sector industrial puede haber varios líderes debido a la diversidad de tecnologías y a los diferentes tipos de ventaja competitiva buscada.

Licencia tecnológica

Es una forma de coalición con otras empresas o conformación de redes con fines comunes, este caso se puede presentar cuando una empresa posee una sola tecnología o por exigencias gubernamentales si la tecnología es parte sustancial de la ventaja competitiva, el compartir la tecnología bajo licencia es muy arriesgado, por lo tanto, esto debe suceder bajo condiciones muy especiales.

Nuevos productos

Esto, por lo general es etiquetado como innovación por los tecnólogos, que ante un mercado, un nuevo producto para satisfacer las necesidades del clientes de acuerdo a sus circunstancias dadas.

Tabla 2-2 Tecnología de producto y proceso y las estrategias genéricas²

	Liderazgo en costo	Diferenciación	Enfoque en costo	Enfoque en diferenciación.
Cambio tecnológico en el producto	Desarrollo del producto para reducir el costo del producto al bajar contenido de materiales, facilitan la manufactura, simplificando los requisitos logísticos, etc.	Desarrollo del producto para aumentar la calidad, características, entrega del producto o costos de intercambio.	Desarrollo del producto para diseñar sólo con el desempeño suficiente para las necesidades del segmento objetivo	Diseño del producto para satisfacer las necesidades de un segmento en particular mejor que los competidores con objetivos más amplios
Cambio en el proceso tecnológico	Mejora en el proceso de curva aprendizaje para reducir uso de materiales o insumo de mano de obra menores Desarrollo del proceso para aumentar las economías de escala	Desarrollo del proceso para soportar altas tolerancias, mayor control de calidad, programas más confiables, tiempos de respuesta más rápido para los pedidos y otras dimensiones para aumentar el valor al comprador.	Desarrollo del proceso para armonizar la cadena de valores con las necesidades de un segmento con el fin de bajar el costo por servir a ese segmento.	Desarrollo del proceso para armonizar la cadena de valor a las necesidades del segmento para aumentar el valor del comprador.

Tabla 2-3 Liderazgo tecnológico y ventaja competitiva³

	Liderazgo tecnológico	Seguimiento tecnológico
Ventaja de costos	Ser el pionero de diseño de productos de menor costo Ser el primero en bajar la curva de aprendizaje Crear formas de bajo costo para desempeñar actividades de valor	Bajar el costo del producto o de las actividades de valor, aprendiendo de la experiencia del líder Evitar costos de I+D a través de imitaciones
Diferenciación	Ser el pionero de un producto único que aumenta el valor del comprador. Innovar en otras actividades para aumentar el valor de l comprador	Adaptar el producto o el sistema de entrega más estrechamente a las necesidades del comprador, aprendiendo de la experiencia del líder

Se han identificado las partes fundamentales de la planeación estratégica así como la importancia del desarrollo tecnológico en cada una de las estrategias genéricas o la tecnología como estrategia.

Así, pues, en los últimos tiempos se han estado desarrollando técnicas para definir la administración de la Investigación y Desarrollo una de ellas es la denominada "Tercera Generación para I+D de Arthur D. Little, Inc." (Roussel, 1991) con la finalidad de ligar los

² Porter, 1985

³ Idem

proyectos con las estrategias corporativas, respaldada por una filosofía de administración del cual se crea un espíritu de confianza entre la organización y la administración de la tecnología. Ambos exploran, evalúan, y deciden el qué, cuándo, el por qué, y cuánto se debe desarrollar en I+D.

Esto asume que la tecnología y su proyección proporciona una adecuada base de competitividad de éxito o que alguna nueva tecnología represente una amenaza u oportunidad a la que debiera ser dirigida, así como qué áreas deberían ser cubiertas con un pronóstico formal, por ejemplo, ¿qué procesos deben ser desarrollados?. O sino existe un estudio formal, se tiene una percepción del futuro que nos espera. Los pronósticos tecnológicos son necesarios en las tecnologías muy nuevas y por consiguiente menos centrales en una compañía de esfuerzos tradicionalista, o que están cambiando rápidamente. Por lo tanto, un buen pronóstico es aquel que proporciona una visión muy clara de las trayectorias.

Casi siempre los planes no son llevados a cabo por la dificultad de encontrar una forma de ligar las estrategias y los recursos con que se cuentan.

Sin embargo, se puede pensar que ya evaluados los proyectos, forma directa de colaboración del staff de I+D, pueden estructurarse, sin lugar a duda, en un Árbol de objetivos, no obstante, para estos tiempos, como se ha hecho énfasis, el definir proyectos de mediano y largo plazo en un ambiente de cambios vertiginosos, es menester, tener una técnica que en un documento se definan las directrices tecnológicas de mediano y largo plazo que sustenten a un producto en sus distintas modalidades, o a un proceso tecnológico sin la necesidad de volver a reestructurar lo que se plantee en un inicio como sucediera en un Árbol de Objetivos, de la necesidad de resolver la problemática planteada, surge el concepto de Mapas Tecnológicos (MT), por las características con que cuenta, se puede hacer un símil con un Mapa Conceptual, es dinámico acorde a lo que se hace con la diferencia de lo que se debe hacer para definir el futuro que determine una ventaja competitividad ante los rivales.

Los Mapas Tecnológicos (MT) o Technology Roadmaps (TRM), por su siglas en ingles, coadyuvan a ligar las estrategias del negocio con las estrategias tecnológicas, fundamentales para sustentar el compromiso del negocio, generan la convergencia de ideas y conocimientos tanto de la administración general como de la administración técnica, muestran información para hacer diagnósticos, reúnen la mayor información de pronósticos en un solo documento.

Además muestre los esfuerzos que se tienen que recorrer para llegar hasta el destino deseado en función del dinamismo de los cambios tecnológicos, de fácil actualización para activar alguna estrategia forzada por el ambiente externo, es decir, un proceso en el que se incluye el diagnóstico, el pronóstico y los esfuerzos que deben cubrirse para obtener una ventaja competitiva en un mundo globalizado.

Capítulo III Mapas Tecnológicos, el proceso

En este capítulo destacan los elementos relacionados al uso de los Mapas Tecnológicos. Con respecto al proceso, se describe el método de cómo debe llevarse a cabo en las empresas de base tecnológica con el propósito de coadyuvar a la mejora de procesos productivos.

En principio, se describe el papel que juegan los MT en las previsiones dentro de un proceso de planeación estratégica bajo un clima de rápidos cambios como es el tecnológico. Se describe, cómo debe generarse el vínculo entre estrategias y capacidades con que cuenta una organización, así como los riesgos, su análisis y evaluación de estos para tomar decisiones lo más acertada posibles. Además se describen las técnicas de planeación para poder llevar a cabo un MT y por último se hace una propuesta conceptual de cómo debe desarrollarse la técnica de MT.

3.1 Mapa Tecnológico

Los Mapas Tecnológicos, herramienta básica en la planeación estratégica, sirven para identificar las tendencias tecnológicas en los sectores industriales tales como la farmacéutica, electrónica, química y petroquímica, entre otros; además, ayuda a identificar vacíos tecnológicos que pudieran ser revisados y explotados para obtener una ventaja competitiva, cabe resaltar que esta metodología tiene una estructura de desarrollo muy simple; no obstante, difícil para llevarla a la práctica, el proceso consiste en cuatro pasos que son seleccionar los destinos tecnológicos deseados que sustenten de mejor manera las estrategias del negocio; la identificación de las rutas para alcanzar tales destinos; construir el mapa que sirve para identificar los esfuerzos que se tienen que hacer en el recorrido de la ruta; y revisión periódica del MT por parte de los involucrados.

3.1.1 Definición

El Mapa de Desarrollo Tecnológico es un modelo conceptual dinámico, compacto, y gráfico que ayuda a seleccionar el destino deseado de una organización, muestra los esfuerzos requeridos en función de un previo diagnóstico para orientar y/o generar los programas de Investigación y Desarrollo; además, se mantiene en continua evaluación y actualización para coadyuvar en el sustento de las estrategias de una organización, e identifica las tendencias tecnológicas en función de los requerimientos del mercado y el desarrollo tecnológico mundial.

Las estrategias a largo plazo no se pueden generar simplemente por sentimiento, y tampoco sin elementos que la sustenten, aunado a esto, el cambio vertiginoso en el que se

desarrolla la tecnología del mundo actual y la vulnerabilidad de las economías están cada vez más propensas a sufrir cambios de manera repentina. Tampoco se puede desperdiciar las inversiones que se hacen a programas de tecnología que no contribuyan de manera adecuada a las estrategias del negocio. Es decir, el desperdicio de capital tanto económico como humano, cuando no se tiene más o menos claro el futuro, puede que se tomen decisiones erróneas que a la organización le provoquen grandes impactos negativos que traen como consecuencia pérdida de competencia en el mercado.

La tecnología ha tomado gran auge para ser base de competencia y un elemento clave de las estrategias. Las administraciones corporativas necesitan tomar esto dentro de sus actividades o ajustar sus portafolios de tecnología para ligarlas a las estrategias del negocio. Esta tarea requiere dibujar en un mapa los recursos requeridos externos e internos debido a que las empresas por muy importantes que sean no siempre tienen la capacidad de generar, desarrollar la tecnología que se requiere, ni comprender por sí misma sus tendencias, por lo que se requiere generar o formar partes de redes para el desarrollo tecnológico.

3.2 Construcción de un MT

La investigación, el desarrollo y la ingeniería (ID&I) demandan una cuidadosa planeación con la finalidad de optimizar el valor de las inversiones. Numerosas técnicas han sido desarrolladas para ayudar al administrador en la toma de decisiones que contribuyan a mejorar la efectividad comercial a través del gasto en ID&I, también, se ha identificado en las compañías, la falta de mecanismos que permitan ligar lo que se usa actualmente con las actividades de planeación de tecnologías futuras, como lo hacen los MT's como puede observarse en su estado del arte, ver *Anexo a*. Del cual se identificó que no existe un proceso metodológico para llevar a cabo dicha técnica.

Las empresas de base tecnológica se han visto envueltas en la necesidad de desarrollar y construir nuevos productos, hasta llegar a convertirse en una innovación; sin embargo, para los decisores del área tecnológica (CTO, por sus siglas en inglés) deben contribuir al posicionamiento de su empresa a través de pronósticos tecnológicos con la finalidad de anticipar nuevas formas de hacer algo, identificar la agresividad de sus productos en el mercado, así como la necesidad de búsqueda de diseño y procesos de producción que puedan reducir los costos de operación (Williard, 1987) además, se presenta otra preocupación que cubrir al respecto, los productos y procesos pueden ser los correctos pero muy complejos en su forma de obtenerlos que no se pueden prever con las técnicas actuales o en caso inverso existe el desbordamiento de tecnologías.

En parte, como consecuencia de estas limitaciones en la disponibilidad de la gama de herramientas, se generó una técnica MT de relevante importancia para ayudar a superar algunos de los problemas en comparación con otras técnicas de requerimiento y previsión de tecnologías. Este método es de gran valor para ayudar a construir un plan íntegro a

través de todos los participantes (Barker, 1995). Además es de mucha ayuda en la rápida y precisa asimilación del impacto total que contribuye hacia las actividades planeadas para mejorar las metas comerciales. En suma, esto hace la tarea de identificar vacíos, asimismo, evita duplicar esfuerzos técnicos por sus propias características en comparación con las demás técnicas convencionales, las cuales con frecuencia son menos gráficas y no muestran las conexiones entre los objetivos del negocio y los esfuerzos de I&D. La técnica pone considerable énfasis en proporcionar una comprensiva y holística relación entre los diversos componentes tecnológicos y las metas comerciales y/o tecnológicas de la organización.

Debido a la identificación de actividades y la definición de secuencias, en ocasiones se confunde a un MT con la técnica rutas Program Evaluation and review Technique (PERT) utilizada para la planeación y control de actividades en un proyecto (Clarke, 1998) cada una de ellas responde a diferentes niveles de detalle. Un MT, además de permitir identificar los objetivos tecnológicos que debe alcanzar una empresa, también define los recursos y las metas globales que se requieren para alcanzarlos. Un PERT permite planear y llevar control en la realización de los proyectos involucrados en la consecución de las metas particulares y globales.

La construcción de un MDT involucra cuatro fases (Clarke, 1998).

1. Seleccionar los destinos tecnológicos deseados que pueden ser desde una gama de productos o componentes de alguno de ellos, o el proceso mismo de un sistema productivo.
2. Identificar las rutas para alcanzar tales destinos.
3. Construir el mapa.
4. Revisión periódica del MDT por parte de los involucrados.

La selección de destinos establece el *lugar* al que se desea llegar, caracterizado por la gama de productos-tecnología (Groevland, 1997), el desarrollo de componentes de alguno de ellos (Willyard, 1987) o los procesos tecnológicos propuestos dentro del sistema productivo (Barker, 1995). Estos destinos deben responder a las estrategias empresariales tales como liderazgo (participación) en el mercado, ampliación de la gama de productos, mejoramiento de la productividad, etc.

La identificación de las posibles rutas consiste en establecer las áreas de conocimientos que se requieren para alcanzar los destinos.

La construcción del mapa corresponde a la identificación de los esfuerzos que se requieren para transitar por la ruta, de acuerdo a las condiciones de partida (situación actual de la organización).

Finalmente, dado que los destinos son dinámicos y conforme se va acercando a ellos se cuenta con mayor información, los MT's deben de revisarse periódicamente. La revisión

puede comprender los tres pasos anteriores. En los siguientes puntos se describen con mayor detalle cada una de estas etapas.

3.2.1 Seleccionar los Destinos (estrategia tecnológica)

Este primer paso en la construcción del MT es el que mayores dificultades presenta debido a dos aspectos.

- La selección de los destinos requieren de una conceptualización de las disciplinas y especialidades involucradas con tecnologías que en ocasiones aún no se utilizan comercialmente.
- Es necesario no solamente identificar claramente a los destinos sino también evaluar diversas características relacionadas con ellos tales como el riesgo tecnológico, el costo de desarrollo, etc.

La selección del destino es un proceso que contribuye a la integración de los objetivos del negocio y las tecnologías, así como a la definición de las estrategias tecnológicas para desplegar la interacción entre productos y tecnologías actuales, tomando en cuenta los productos y los aspectos tecnológicos de corto y largo plazo.

El MT para un producto requiere de un buen entendimiento del comportamiento del mercado y el orden de la aplicación para definir los productos en términos de los requerimientos del cliente. A partir de estos requerimientos, la función técnica del producto es determinada y entonces, se define la tecnología necesaria para realizar estas funciones. Todas estas actividades ayudan a mejorar, en particular para tomar la delantera para la creación del proceso del producto (desde la idea hasta el concepto). Los proyectos de I+D ayudan a construir las capacidades tecnológicas necesarias donde se puedan desarrollar (Groenvel, 1997).

Por lo tanto, los destinos tecnológicos deben ser aquellos que responden a las metas estratégicas de la empresa.

El lugar en donde de manera natural se integran ambos conceptos (Metas estratégicas y objetivos tecnológicos) corresponde al Sistema Productivo Funcional (SPF) ver Anexo b o las tecnologías que se necesitan para desarrollar un determinado producto. Es decir, las metas estratégicas de la firma se alcanzan a través de una mejor operación del SPF que requiere un sustento tecnológico previamente evaluado.

Se ha definido el concepto de sistema productivo y sus distintas modalidades. También se ha mencionado que es el lugar donde convergen las estrategias y los objetivos tecnológicos. No obstante, cabe aclarar que cuando hablamos de estrategia no se limita a una inspiración de lógica financiera o de *marketing*, sino a que la tecnología, como se ha desarrollado en el capítulo anterior, juega un papel trascendental dentro de la estrategia empresarial.

Dentro de la gestión empresarial, el concepto de estrategia ocupa un lugar fundamental, especialmente en áreas tales como finanzas, ventas, producción o personal; en cambio, desde una perspectiva estratégica, el interés por la tecnología y la innovación ha venido tomando gran auge, por ejemplo, una meta estratégica de una determinada unidad estratégica pudiera ser la calidad del producto a través del mejoramiento de alguna de sus características o la reducción del costo del producto, definir una determinada diferenciación para la utilización de materias primas difíciles de tratar. Todas estas estrategias genéricas conllevan a la utilización de la tecnología que se definen como *destinos tecnológicos* que permiten mejorar a las funciones productivas que se consideren estratégicas para el propósito de la firma y definir así una estrategia tecnológica (Escorsa, 1997).

La elaboración de la estrategia tecnológica debe ser siempre original y que por tanto, nunca podrá ser el resultado de una aplicación de recetas determinadas, para cada caso se desarrollará un “traje a la medida”, sin embargo, Escorsa define que a través de la experiencia empresarial y de la reflexión académica se extrae que es necesario que las estrategias tecnológicas se elaboren en conjunto con la estrategia global, mediante un proceso iterativo para formularlas de manera simultánea, y definir herramientas para guiar la reflexión y generar ideas de manera creativa. La definición de la estrategia tecnológica será integrada a un plan de desarrollo tecnológico (Escorsa, 1997).

Previamente a todo esto se habrán identificado la evolución del entorno, en qué negocios competir, en qué negocio o sector se presentan oportunidades de éxito comercial, en qué estado se encuentran las tecnologías, qué alternativas se prevén qué nueva tecnologías pueden tener impacto en el sistema productivo que aumenten la rentabilidad, qué estrategia adoptan los competidores, cuales son las tecnologías que están desarrollando, cómo se relaciona la estrategia tecnológica con la estrategia global de la empresa, y cuáles son las debilidades y fortalezas con las que se cuenta.

De los cuestionamientos que se deben hacer se dividen unos para el desarrollo del negocio y las otras relacionadas con la tecnología y sus distintas modalidades. Lo que se refiere a las tecnologías, estas pueden involucrar un mejoramiento de los procesos que actualmente se utilizan para realizar la función productiva correspondiente. También pueden significar una modificación radical de los procesos con los que se realiza la función o, inclusive, una modificación del propio SPF. Según la Arthur D. Little hace una clasificación de las tecnologías como se muestra a continuación:

- Las tecnologías *clave* son las que se permiten a la empresa que las domina diferenciarse de las otras por su mayor calidad, prestaciones superiores, costos más bajos etc. Son, por tanto, las que tienen un impacto más grande sobre la competitividad del producto.
- Las tecnologías *básicas* son bien conocidas por todos los competidores del sector ya que sin ellas la fabricación no es posible. No ofrecen, por tanto, ninguna ventaja competitiva, a diferencia de lo que pasa en las tecnologías claves. Probablemente, con el paso del tiempo, las tecnologías claves se convertirán en tecnologías básicas.

- Las tecnologías *incipientes* se encuentran todavía en una etapa inicial de su desarrollo pero han demostrado su potencial para cambiar las bases de la competencia tecnológica. Algunas tecnologías de hoy se convertirán en las tecnologías claves de mañana.
- Las tecnologías *emergentes* se encuentran también en la etapa inicial pero su impacto potencial es desconocido, aunque se observan algunos indicios prometedores.

La empresa de base tecnológica debe concentrar sus esfuerzos de I&D en sus tecnologías claves y al mismo tiempo, seguir de cerca la evolución de las tecnologías incipientes y emergentes. Conviene comprometerse al menos en una tecnología incipiente y evitar invertir en las tecnologías emergentes, todavía demasiado inciertas. En cambio, hay que renunciar a la inversión de grandes sumas de dinero en la mejora de las básicas, ya que esto no provocará una ventaja competitiva adicional.

El determinar la mejor opción en el mediano y largo plazo corresponde a seleccionar el destino tecnológico al cual tienen que apuntar los esfuerzos de la organización.

De esta manera, seleccionar los destinos tecnológicos consiste en los siguientes puntos:

1. Identificar las funciones productivas de mayor relevancia de acuerdo a las metas estratégicas de la empresa.
2. Identificar las alternativas tecnológicas asociadas al mejoramiento de las funciones productivas prioritarias que conforman el SPF.
3. Evaluar a las alternativas desde diversos puntos de vista: riesgo tecnológico, costo de desarrollo, ventajas técnico-económicas probables, etc.
4. Seleccionar a las alternativas que así se convierten en los destinos tecnológicos a alcanzar.

Para los puntos descritos arriba, en 1990, Matheus, a través de un marco de referencia, definió la interrelación que existe entre la estrategia de la empresa, la estrategia tecnológica y los elementos comerciales y tecnológicos que se deben considerar, Fig. 3-1.

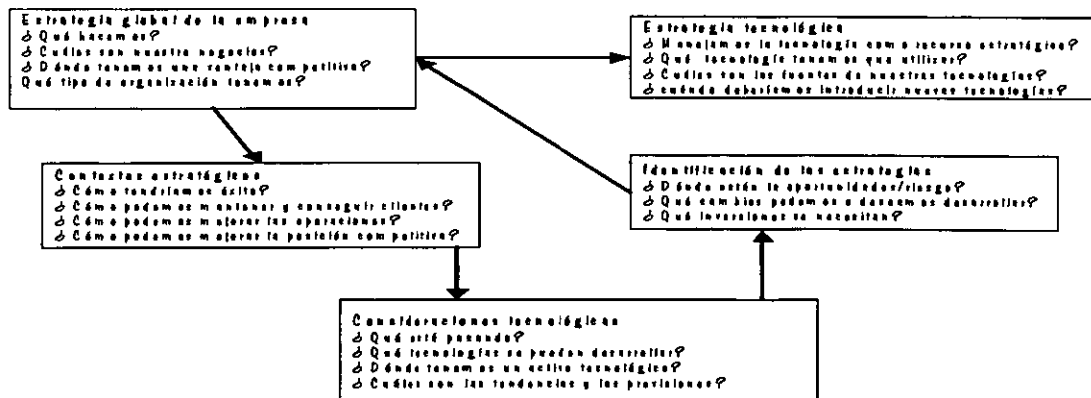


Fig. 3-1 El proceso iterativo de la formulación de la estrategia corporativa y tecnológica.

Las preguntas formuladas en los dos cuadros de la izquierda deberían contestarse a partir de los planes estratégicos de la empresa. Sin embargo, es frecuente que las metas estratégicas no están adecuadamente identificadas y/o consensuadas entre los altos directivos de una organización.

Para las preguntas del cuadro del centro y los dos de la derecha pueden encontrar respuesta a través de consultas a expertos desarrolladas mediante técnicas participativas tales como técnicas de grupo nominal, las TKJ, y las encuestas Delphi entre otras.

Los resultados obtenidos de los talleres deberán ser usados con la finalidad de obtener información relevante respecto a la identificación de las alternativas tecnológicas probables para mejorar o modificar cada uno de las funciones productivas de interés en el corto, mediano y largo plazos. Con base en estos resultados, se pueden realizar consultas tipo Delphi para desarrollar una prospectiva de las tecnologías.

Estos resultados permitirán realizar nuevamente nuevos talleres donde se contará con la participación de los involucrados directos para seleccionar las alternativas tecnológicas en cada función y, de esta manera, determinar los destinos de los MDT a construir. Tales destinos definirán las plataformas tecnológicas que deben ser desarrolladas y/o consolidadas. Estas plataformas tecnológicas son la base para sustentar el cambio tecnológico que requieren las funciones prioritarias determinadas por las metas estratégicas de la empresa como lo esquematiza la Fig. 3- 2.

La selección acertada de los destinos tecnológicos resulta relevante. Optar por un destino atractivo pero incierto en su consolidación implica dos posibles resultados: desembocar en un gran fracaso empresarial por una sub-evaluación del riesgo tecnológico o lograr el liderazgo tecnológico de la empresa con la correspondiente ventaja competitiva del negocio.

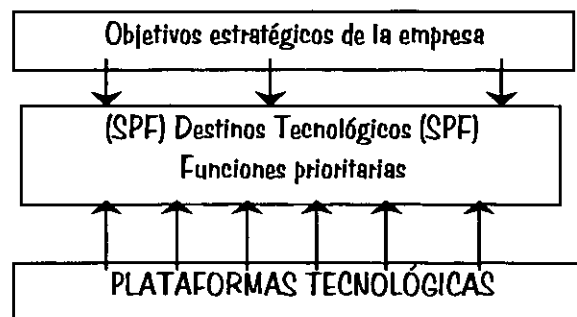


Fig. 3- 2 Integración de las metas estratégicas y los destinos tecnológicos.

3.2.2 Identificación de las Rutas

Una vez establecidos los destinos tecnológicos, es necesario construir las rutas para alcanzarlos. Una ruta tecnológica incluye los conceptos de plataforma, componente y capacidad tecnológica (Clarke, 1998).

Una plataforma tecnológica corresponde a un conjunto de áreas de conocimientos técnicos integradas que permiten la realización competitiva de una o varias funciones del sistema productivo, también ha recibido el nombre de tecnologías genéricas, calificadas así a causa de un carácter fundamental, están en la base del potencial tecnológico de las empresas y encuentran aplicaciones en distintos sectores, subsectores y productos. Las plataformas se sustentan en diversos componentes tecnológicos. Un componente representa una área de conocimientos técnicos específicos. Un componente tecnológico puede sustentar a una o más plataformas tecnológicas.

Que a su vez, los componentes se sustentan en capacidades tecnológicas representadas por grupos de investigación (recursos humanos) que cuentan con habilidades científicas, tecnológicas y de organización en conjunto con la infraestructura requerida: plantas piloto, laboratorios, equipo y programas de cómputo, etc. Esto surge debido a que en la década de los ochenta, la concepción de la empresa en torno de unidades estratégicas negocio se ha visto sobrepasada por el concepto de competencia debido a no tomar demasiado en cuenta cuáles eran las verdaderas capacidades y habilidades esenciales para competir (Escorsa, 1997), Una competencia o capacidad esencial es aquella que resulta del aprendizaje colectivo de la organización, especialmente de la capacidad de coordinar las diversas técnicas de producción e integrar corrientes tecnológicas para su desarrollo.

De esta forma, establecer las rutas corresponde a trazar las relaciones entre las funciones prioritarias del Sistema Productivo Funcional, con las plataformas, componentes y capacidades tecnológicas asociadas como lo muestra la Fig. 3- 3.

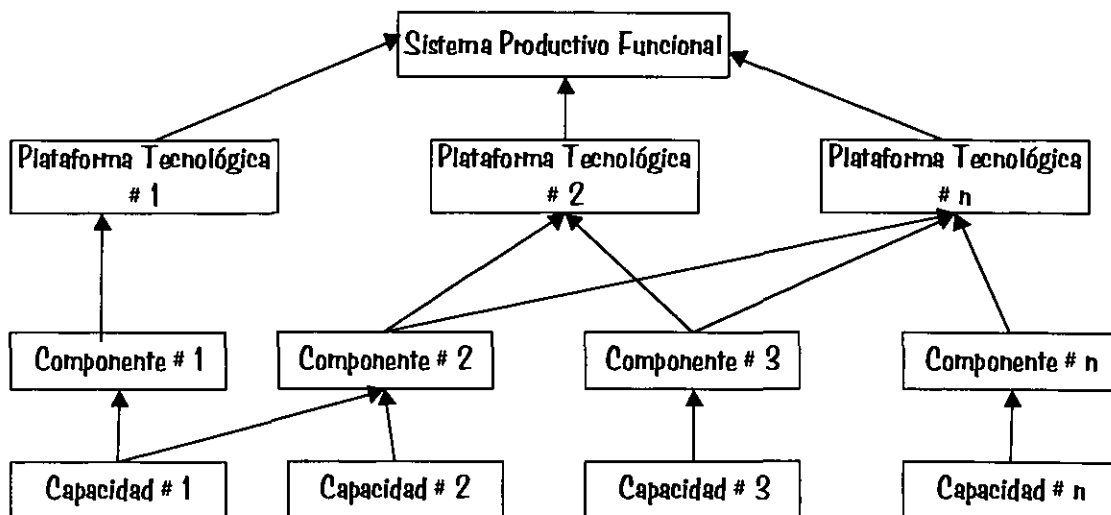


Fig.3- 3 Vinculación de los elementos que constituyen un MT.

La interrelación de los conceptos de Plataformas hasta las capacidades tecnológicas vinculadas con los objetivos estratégicos, se muestra en la Fig. 3- 4.

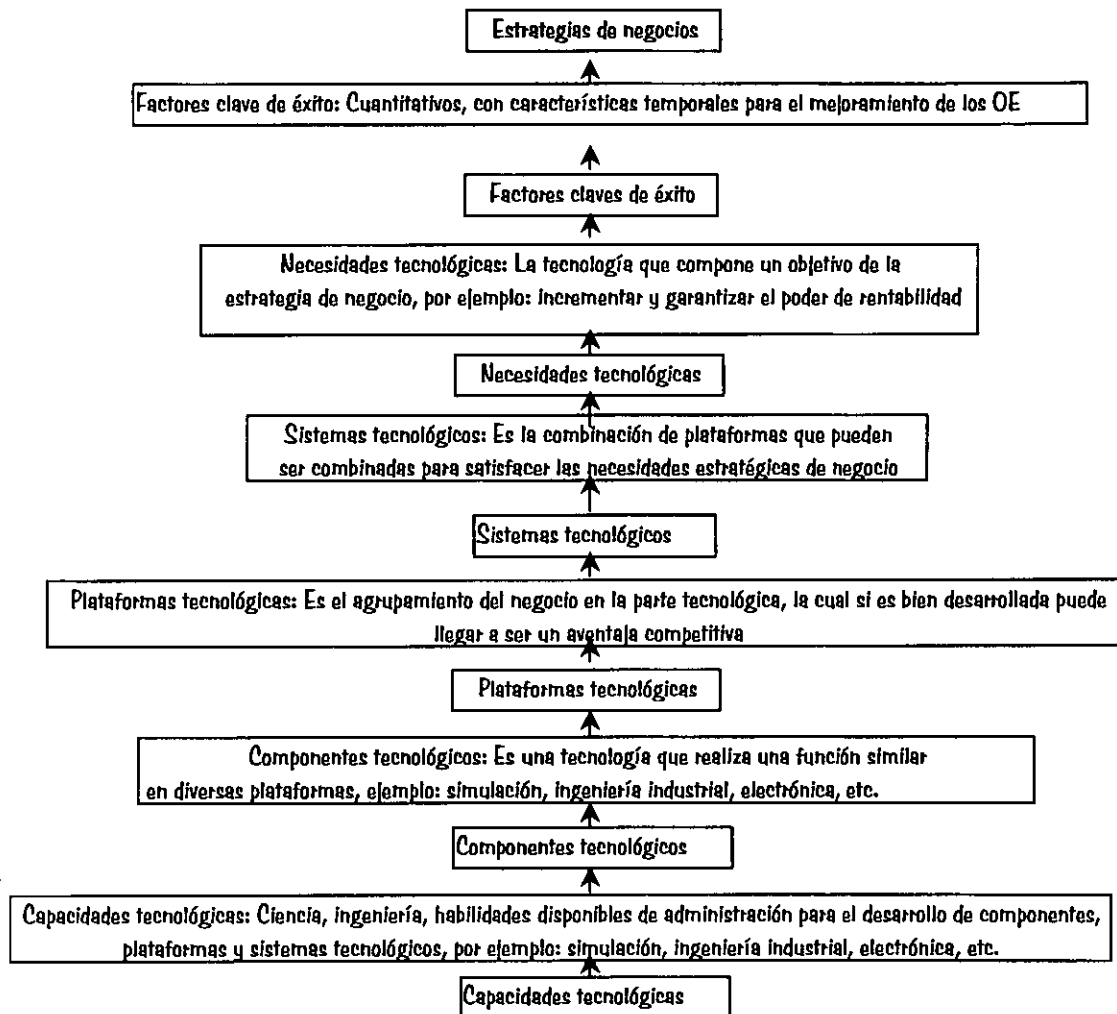


Fig. 3- 4 Conceptos claves para la construcción de la Rutas del Mapa

El establecimiento de estas rutas comprende fundamentalmente la identificación de las relaciones entre funciones, plataformas, componentes y capacidades. Estas relaciones se pueden expresar de diferente manera, dependiendo de la necesidad a satisfacer, la relación entre una función y una plataforma es posible especificarla a través del señalamiento de la mejora a lograr; es decir, de las metas de mejora del proceso contenido en la función.

La relación entre la plataforma y el componente se puede expresar a través de proyectos de I+D en desarrollo para que posteriormente se pueda identificar dónde hacen falta o qué áreas han sido descuidadas (vacíos tecnológicos), como complemento de esta fase se desarrolla un análisis de cartera de proyectos. Para esta parte se puede hacer uso de la caracterización de los proyectos, ampliamente desarrollada por ADL Inc.¹ (Roussel, 1991). Que aborda sustancialmente en primer lugar los gastos de I+D y los cambios dramáticos en cuanto a la administración de ésta. La consultora Arthur D. Little resume

¹ Arthur D. Little

estos cambios en un modelo basado en tres etapas o generaciones de I+D (Idem, 1991). (Ver Fig. 3- 5)

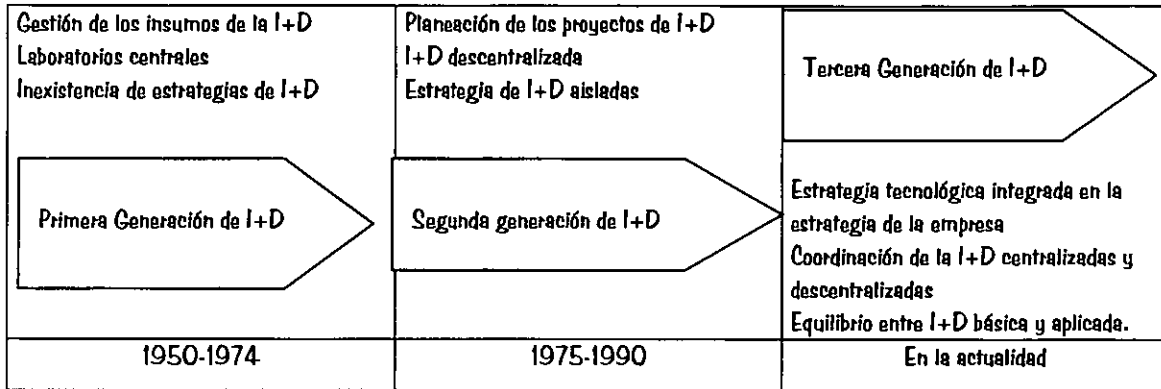


Fig. 3- 5 Tercera Generación de I+D

El proceso de evaluación y selección debe tener en cuenta aspectos importantes como la incertidumbre, las características del mercado o los beneficios esperados. A continuación se hacen algunos comentarios sobre esta cuestión.

En toda evaluación de proyectos hay que tener en cuenta la curva de beneficios en relación con el tiempo. En un primer tramo de la vida del proyecto sólo hay pérdidas, ya que aún se está desarrollando el producto o servicio y únicamente se está aportando capital, sin recibir ningún beneficio a cambio.

Cuando empiezan las ventas el beneficio llega al máximo valor negativo y sube después. El punto en el que no hay pérdidas se llama punto de equilibrio. Este punto es vital para poder seleccionar un proyecto entre varios que se tengan en cartera ya que da una idea de facilidad o dificultad para la recuperación de la inversión. Para este estudio es necesario hacer las previsiones de las ventas esperadas y de los costos de la etapa de investigación y desarrollo.

Los directores de proyecto deben tener en cuenta dos aspectos para poder hacer proyecciones, tanto de costos como de ingresos: La curva de aprendizaje y la estrategia de precios, la cual va ligada al tamaño del mercado y a los márgenes de beneficios que se quieren obtener.

3.2.3 Construcción de los mapas.

Un mapa consiste en la identificación de los componentes y plataformas que se deben consolidar o desarrollar para alcanzar los destinos tecnológicos seleccionados.

Para ello, se analiza la situación actual que guarda la organización con respecto a las capacidades tecnológicas involucradas en aquellas rutas consideradas como prioritarias de acuerdo a los destinos tecnológicos seleccionados.

Con base en la situación actual, se determina si existen capacidades o no, si se requiere desarrollarlas o reorientarlas o consolidar su estado actual. Se identifican dos tipos de capacidades tecnológicas: las internas y las externas las cuales se han generado debido a la lucha por la competitividad, el protagonismo de la cooperación entre empresas ha aumentado considerablemente en los últimos años, E. Fernández ha definido la cooperación como un acuerdo entre dos, o más empresas independientes que uniendo o compartiendo parte de sus capacidades y/o recursos, sin llegar a fusionarse, instauran un cierto grado de interrelación con el objetivo de incrementar sus ventajas competitivas. De una manera general, estos cuatro rubros pueden ser de cuatro tipos (Fernández, 1991):

1. Capital
2. Tecnología de producto (en forma de patentes, diseño, resultados, capacidades de investigación)
3. Capacidad de producción (know-how)
4. Ventas y redes de comercialización.

En efecto, la cooperación entre empresas es realmente una forma de comportamiento competitivo. Las cooperaciones y alianzas tienen un papel significativo en el marco de las estrategias utilizadas por las empresas para internacionalizarse. Desde un enfoque de la Consultora ADL a través de su publicación "Tercera Generación de I+D" (Rousel, 1991). Al definir el panorama de la gestión de la tecnología de los años cuarenta hasta hoy sitúa como un punto primordial dentro de su filosofía de empresa actual el planteamiento de "partnership" ver Anexo c.

Con la identificación de las capacidades internas y externas dentro de la construcción del mapa permite la identificación de las metas intermedias que servirán de puntos de referencia a lo largo de la ruta.

La construcción de un MT ha estado cercana a la llamada función de despliegue de la calidad (QFD por sus siglas en inglés) la cual se dirige a involucrar a todos los miembros de la organización en el ejercicio de la calidad. De igual manera, la construcción de un MT debe de realizarse con la participación de los principales involucrados en su ejecución. El método QFD consiste en desarrollar, concebir y fabricar en los plazos previstos los productos y servicios más económicos, más útiles y más satisfactorios para el consumidor. La esencia del QFD radica en dar importancia a las preferencias de los clientes. Todas las decisiones y todas las actividades de la empresa obedecen a una palabra clave que es "el cliente". El método trata de transformar estas preferencias o expectativas, a menudo expresadas con poca precisión, en especificaciones de ingeniería o funciones de servicio, sin omisiones ni elementos superfluos. En lugar de imaginar qué quieren los clientes, se les pregunta realmente qué es lo que quieren. Las encuestas de investigación de mercado son, pues, el punto de partida del método y merecen la máxima prioridad. El entorno actual exige que la empresa se oriente menos hacia sus productos y más hacia los deseos de los clientes a través de un monitoreo continuo.

De esta manera, se puede decir que la denominada función de despliegue de la calidad (QFD, por sus siglas en inglés) que su principal objetivo es el traducir los requerimientos del cliente en términos objetivos, ver Anexo d, que por definición deben ser claros, cuantificables, medibles, y factible.

El MT representa un documento vivo que debe ser periódicamente revisado con base en tres aspectos fundamentales.

1. El avance y resultados logrados.
2. El mayor conocimiento acerca de los destinos tecnológicos lo cual se logra conforme se avanza en la ruta.
3. Las modificaciones que se presenten en las metas estratégicas de la empresa.

La revisión del MT generalmente es realizada por pequeños comités conformados por involucrados en el recorrido del mapa y expertos en las diferentes áreas tecnológicas relacionadas.

Con estas revisiones periódicas la organización podrá ubicarse a lo largo de la ruta originalmente trazada.

Los elementos planteado por Neld, Richard para la revisión integral de los Mapas tecnológicos definidos son en principio, el monitoreo de la información en el cual se presenten nuevos Mapas del mismo sector o de otros a fines a éste, desarrollo de talleres participativos constantemente, así como la identificación de nuevas formas de administración. La Fig. 3- 6 muestra la relación de los elementos dinámicos que se deben analizar para la revisión y actualización de un de un Mapa Tecnológico (Neld, 1998).

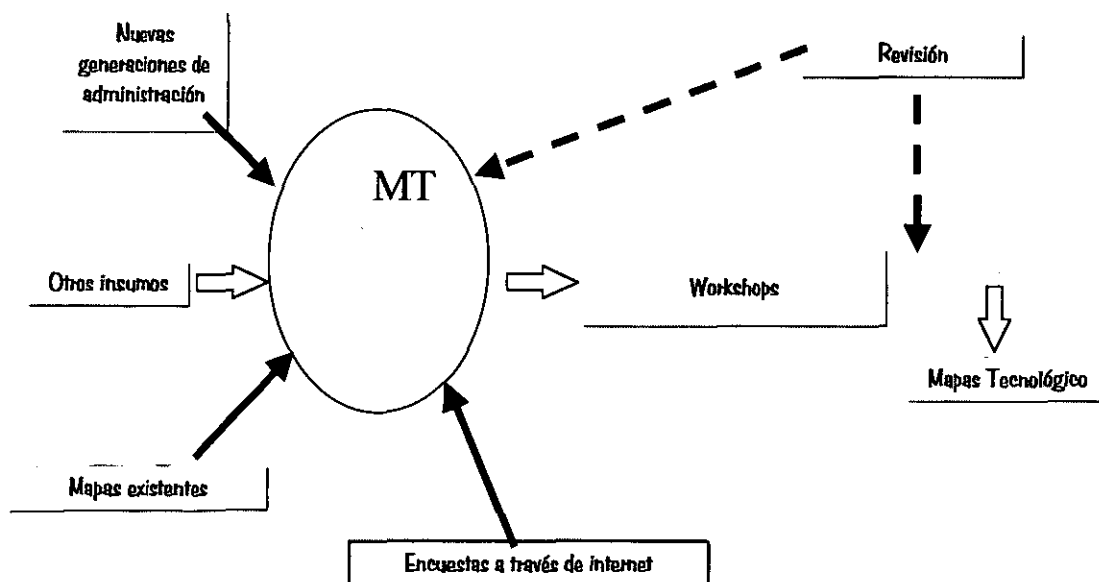


Fig. 3- 6 Elementos que se deben considerar en la revisión periódica del Mapa Tecnológico

Es necesario aclarar, que dentro de los mapas tecnológicos; la previsión de tecnología juega un papel preponderante, lo que obliga a hacer mención a algunas de las técnicas que permitan ampliar el panorama al respecto; sin embargo, el futuro es por definición, incierto, "quien prevé el futuro es un impostor, porque el futuro no está escrito, sino que está por hacerse"(Godet, 1989), no obstante, reflexionar sobre el futuro resulta ser muy útil.

La primera organización que se dedicó de forma sistemática a las investigaciones del futuro fue la Rand Corporation, la cual desarrolló grupos de Análisis y Operaciones para ayudar a la toma de decisiones durante la segunda Guerra Mundial. En los años setenta se comenzaron a desarrollar una serie de métodos que aportaron una cierta luz sobre las innovaciones tecnológicas del futuro.

En la previsión de la tecnología reside la palabra prospectiva, entendida como el arte o ciencia de estudiar y prever el futuro (Ambrosio, 1997). La prospectiva está encaminada a la acción, trata de construir el futuro deseado, enfrentándose a la fatalidad y al azar; no obstante, "el valor de una previsión no reside exclusivamente en la adecuación entre lo que se realiza y lo que se había pronosticado. Es en el presente, en la decisión, que la previsión puede ser útil, más que en la resolución del enigma del futuro"(Idem). Además, este autor define dos grandes enfoques para la aproximación del futuro por un lado, los que se centran en la determinación de la probabilidad de ocurrencia de un suceso concreto con alto grado de confianza que proyectan las tendencias pasadas y presentes hacia el futuro, y por el otro, los segundos, tratan de la construcción o creación de un futuro deseable, denominadas prospectivas propiamente dicha; al respecto, esta no tiene por objetivo responder a la inquietud natural que se inspira la incertidumbre del mañana, sino ofrecer a los sectores con capacidad de decisión los medios para obtener con clarividencia sobre las decisiones que comprometen el futuro. Estos dos grandes rubros se denominan métodos proyectivos y métodos prospectivos o métodos de análisis subjetivos denominados también intuitivos.

Método proyectivos.

Estos métodos se sustentan en la extrapolación, suponiendo que se mantiene una relación permanente entre las variables, la cual, origina diversos métodos como a continuación se describen.

Ajuste de curvas

Se aplica en los casos en que la evolución de una tecnología está claramente determinada por la evolución de un número reducido de parámetros técnicos funcionales. Se parte de una serie de datos históricos de una variable (velocidad, consumo, rendimiento) y se ajusta la curva que se considere más adecuada, que se prolonga hacia el futuro. Una de las desventajas que presenta este método es que no considera los cambios bruscos de tendencia que puedan presentarse.

Correlación

Los métodos de correlación se aplica cuando una cierta proporcionalidad entre la evolución de dos variables en el tiempo.

Analogía

Se pueden distinguir dos métodos diferentes basados en el concepto de analogía: La analogía de crecimiento y la analogía histórica.

La analogía de crecimiento asimila el proceso tecnológico al crecimiento de los fenómenos biológicos, al que se han dedicado importantes estudios matemáticos. La analogía histórica se basa en la asimilación de la evolución de la tecnología con la de una tecnología que ha tenido un papel similar en tiempos pasados, así se han hecho previsiones de la evolución de la producción de energía eléctrica por fisión partiendo de los datos de la evolución de la producción de energía a partir de carbón.

Modelos de sustitución

Se basan en los datos del mercado, se intenta prever cuándo una tecnología determinada será sustituida por otra con la misma función. Los inicios de este método se encuentran en el estudio del ciclo de vida del producto de los especialistas de marketing.

Métodos prospectivos

Cuando lo que se pretende no es prever la evolución de las tecnologías existentes, sino la aparición de innovaciones que representen un cambio profundo en el panorama tecnológico, o bien cuando el periodo para la previsión es suficientemente largo para no estar seguros de las tendencias actuales se puedan mantener, se hace necesario, la imaginación de las personas. Los métodos que se mencionan a continuación tienen por objetivo intentar disminuir al carácter puramente subjetivo de las simples opiniones personales para obtener resultados lo más imparciales que se pueda.

Dictamen de Grupo de expertos (Escorsa, 1997)

Es método se limita a obtener opiniones a través del grupo de expertos mediante lluvia de ideas, por separado, con el fin de obtener un conjunto de opiniones válidas ante una falta de datos. La principal ventaja de este método es su simplicidad y el hecho de que pueda dar resultados suficientemente buenos si las personas consultadas reúnen las cualidades necesarias de conocer la materia, así como el ingrediente de la imaginación.

El método Delphi

Con el fin de superar las deficiencias del método anterior, en 1953, dos investigadores de la Rand Corporation, Helmer y Dulker desarrollaron el método de iteración con realización controlada denominado Delphos, haciendo referencia al oráculo griego.

El proceso comienza por la selección de un grupo de expertos y la elaboración de los cuestionarios, el cual debe estar redactado con claridad y precisión, junto a este tendrá un manual de instrucciones totalmente claro con el fin de asegurar que todos los expertos lo interpreten de la misma manera y luego se esperan las respuestas.

Una vez recibidas las respuestas el líder del proceso, que es la única persona que conoce la identidad de cada uno de los encuestados, se elabora un segundo cuestionario donde se incluya información obtenida de la primera vuelta, usando generalmente medidas estadísticas como puede ser la mediana, a la espera de que los expertos, a la vista de los resultados de la mayoría, modifiquen o mantengan su primera opinión y se evolucione hacia una mayor convergencia.

Escenarios

En 1967 se propuso este método por Kahn y Wiener. Donde un escenario se define como una representación de la realidad futura, para iluminar la acción presente a la luz de los futuros posibles y deseables (Gordon , 1964). Básicamente, en este proceso contribuye en gran medida la imaginación bajo un análisis de coherencia de los factores considerados. El escenario debe evitar concentrarse en un solo aspecto, por ejemplo, el técnico y olvidarse de otros como es la economía, la política, y lo social, que pueden tener una importancia decisiva. Según los creadores del método, presenta las siguientes ventajas:

- ✓ Ponen énfasis en la interacción de los aspectos psicológicos, sociales, políticos y culturales.
- ✓ Obligan a tener en cuenta detalles de la dinámica que serían olvidados en un planteamiento más abstracto.

Los escenarios se clasifican en escenarios posibles, realizables y deseables u otra clasificación es el optimista, pesimista, ideal.

3.3 Los Mapas Tecnológicos y la Inteligencia Tecnológica

Todo lo anterior, el concepto de Mapas Tecnológicos, está relacionado ampliamente con el de Inteligencia Tecnológica, lo cual permite a la empresa vigilar la tecnología debido a que se pueden ver sorprendidos en cualquier momento, por la aparición de nuevos productos, nuevas tecnologías, nuevos competidores o cambio en los gustos de los clientes, por ejemplo, el caso de los tubos de vacío por los transistores y estos a su vez por los chips. Los MT pueden usarse como un integrador de la información, que hace uso de la que se encuentra en bases de datos, internet, y patentes, entre otras. Sin embargo, no todo puede estarse monitoreando y más de manera estructurada, por lo tanto el objetivo de la inteligencia es un ingrediente a la competitividad a través de proporcionar buena información, al grupo idóneo en el momento adecuado (Callon, Countrial y Penan, 1993). De acuerdo a Porter los cuatro factores determinantes para la competitividad son, como se ha mencionado, los clientes, proveedores, entrantes potenciales en el mercado y productos sustitutos. A partir de ellos la inteligencia debe organizarse en estos cuatro rubros:

La inteligencia comercial, la cual se ocupa de los datos referentes a clientes y proveedores tal como la evolución de las necesidades de los clientes, solvencia de los clientes, nuevos productos ofrecidos por los proveedores, formas de financiamiento, y elementos de cómo dar determinado valor agregado al producto o servicio.

La inteligencia tecnológica su ocupa de la tecnología disponible o que acaban de aparecer, capaces de intervenir en nuevos productos o procesos.

La inteligencia del entorno se ocupa de la detección de aquellos hechos exteriores que puedan condicionar el futuro, en áreas como la sociología, la política, el medio ambiente, las reglamentaciones etc (Escorsa, 1997). Todo lo anterior conduce a la inteligencia competitiva se ocupará de la información sobre los competidores actuales y los potenciales.

Uno de los pioneros de la Inteligencia Tecnológica fueron Ashton y Klavan quienes definieron a esta como “ la búsqueda, detección, análisis y comunicación de la información orientada a la toma de decisiones sobre amenazas y oportunidades relacionadas al ámbito de la ciencia y la tecnología(Ashton y Kavan, 1997).

3.4 Formas de uso de los Mapas Tecnológicos

Con base en la revisión de la literatura especializada referente a este tema se identificaron algunos usos que se le han dado a la técnica como es el caso la vigilancia tecnológica (Escorsa, 1997) o el mapa tecnológico para producto desarrollado en Motorola por Willyard en 1987; al respecto, define los pasos, bajo su criterio, qué debe seguir el desarrollo de un mapa tecnológico; más aún define dos tipos uno relacionado a mapas tecnológicos para productos y el relacionado a tecnologías emergentes. Otro también, muy importante es el que se desarrollo para British Petroleum por Barker en 1995 con la finalidad de desarrollar nuevos productos; y en 1997 Groenveld, Pieter define uno usado en Philips Electronic que hace referencia al uso del mapa, ya sea para ser aplicados a sistemas, productos, rangos de productos, proyectos individuales, componentes o a procesos de producción.

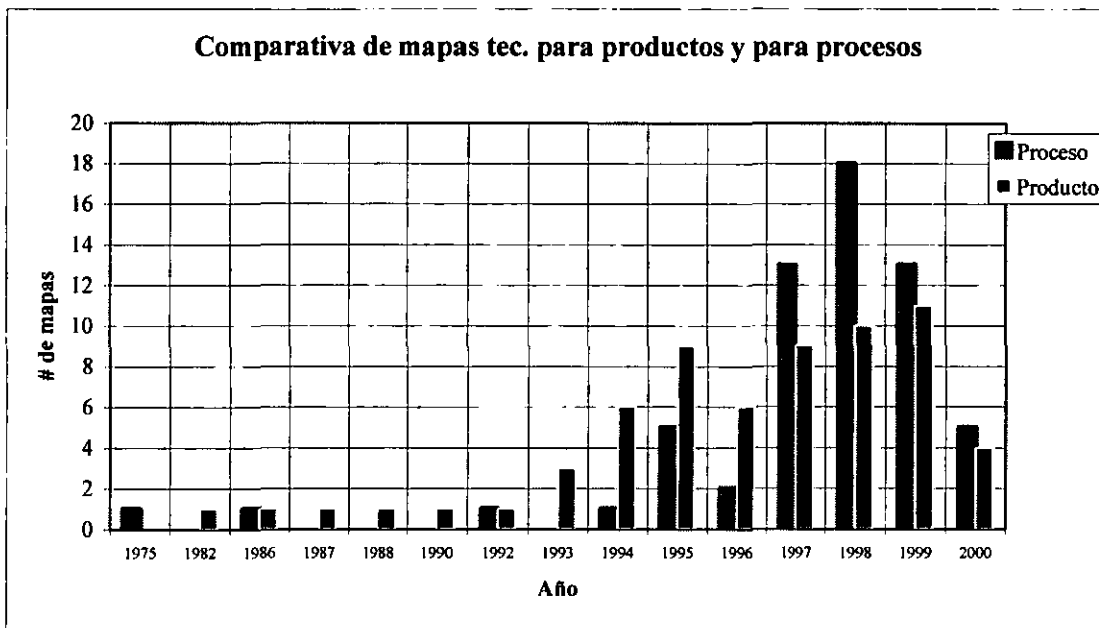
En el Anexo e se hace una descripción del enfoque que le dieron los antes mencionados, y la forma en que fueron desarrollados, así como las herramientas que proponen para la construcción de estos.

Con base en la revisión de los distintos mapas tecnológicos es claro que existen muchas vertientes; sin embargo, se puede hacer la clasificación de tres tipos:

1. Mapas de desarrollo de nuevos productos
2. Mapas para procesos productivos

Todos ellos con la misma finalidad, el apuntalamiento de las estrategias de negocio con el desarrollo y uso de tecnologías, así como la identificación de nuevas oportunidades y amenazas a las que se puede enfrentar la empresa.

No obstante, bajo la clasificación que dio en un principio Motorola, encontrando desde su inicio (1975) un total de 57 MTs para procesos y para productos un total de 64. En la Gráfica 3- 1 se puede apreciar cual ha sido el comportamiento de los MTs con base en esta clasificación.



Gráfica 3- 1 Comparativa del comportamiento de los MTs aplicado a procesos y productos

3.5 La Utilidad de los MTs

El uso de los Mapas Tecnológicos es una herramienta de diagnóstico, pronósticos, que evalúa esfuerzos para la toma de decisiones de un negocio, lo cual da a un corporativo una manera de predecir su futuro tecnológico a través de las necesidades del mercado, y mapea para identificar y atender lo mejor de esto.

Sus características fundamentales son:

- ✓ Que comparte los recursos con otros en el sector
- ✓ Trabaja junto con el cliente para divisar el futuro (tres a diez años)
- ✓ Determina qué es lo que requerirá un mercado en específico
- ✓ Al tener definidas las necesidades futuras, se trabaja en identificar las tecnologías que deben ser reunidas o adaptadas para desarrollar lo requerido.

Sus beneficios son:

- ✓ Mejores oportunidades de trabajo a través de innovaciones
 - ✓ Reduce el riesgo a través de la colaboración
 - ✓ Incrementa la competitividad y los beneficios
 - ✓ Promueve el desarrollo de las fronteras tecnológicas
 - ✓ Mejora la habilidad de entender las necesidades del mercado.
-

En la literatura de la planeación estratégica se menciona en gran medida, el desafío que corren las empresas al no poder entablar de manera adecuada el eslabón de enlace de las estrategias del negocio con las tecnológicas, encontrando el error en lo siguiente:

- Que los programas y proyectos no son adecuadamente asociados a las estrategias del negocio.
- Existen proyectos que no son justificables razonablemente en términos de beneficios esperados.

En consecuencia, Los Mapas tecnológicos, por un lado tratan de encausar lo que se quiere con base en lo que se tiene; más aún desarrolla un diagnóstico interno para identificar las fortalezas y debilidades y por el otro, el externo, identifica las posibles tecnologías emergentes que pudieran utilizar o que representen amenazas a la organización.

Capítulo IV Caso de Aplicación

En este capítulo se hablará de la forma de cómo se llevó a cabo el proceso de construcción del mapa tecnológico aplicado al proceso productivo de la refinación petrolera, específicamente, al modelo que sigue el Instituto Mexicano del Petróleo para Petróleos Mexicanos.

Para el estudio del caso, como se ha mencionado, se tomó como base el esquema de un proceso productivo de refinación petrolera, el cual fue retroalimentado por expertos en la materia y a fines a ésta, se llevaron a cabo talleres donde se obtuvo información relacionada a las tecnologías que soportan dicho proceso, las técnicas que pudieran sustentarlas, así como el grado de desarrollo tecnológico de éstas. El taller fue denominado Workshop, que además sirvió para construir casi toda la estructura del mapa desde algunas “capacidades tecnológicas”, “componentes tecnológicos”, “plataformas tecnológicas” y las relaciones que tienen éstas con las “funciones productivas”. Posteriormente, con la finalidad de enriquecer la información obtenida, se elaboró un estudio Delphi, que permitiría por un lado, identificar las tendencias tecnológicas y por el otro, hacer una evaluación de los riesgos de mayor consideración relacionados a las posibilidades de desarrollo de las tecnológicas; las probabilidades de éxito; los beneficios económicos y ambientales, entre otros que pudieran generar las tecnologías hacia las “funciones productivas” de una refinería bajo determinada estrategia del negocio.

4.1 Reseña del Instituto Mexicano del Petróleo

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) fue creado en los años 60's como un elemento primordial para sostener a la transformación industrial petrolera mexicana y sus derivados como es la petroquímica entre otras. Sus objetivos desde su aparición son:

La investigación científica básica y aplicada; El desarrollo de disciplinas de investigación básica y aplicada; La formación de investigadores; La difusión de los desarrollos científicos y su aplicación en la técnica petrolera; La capacitación de personal obrero que pueda desempeñar labores en el nivel subprofesional, dentro de las industrias petrolera, petroquímica básica, petroquímica derivada y química. El IMP desde su origen ha estado alineado, en gran medida, y con un profundo impacto con PEMEX, el cual es uno de los principales generadores de divisas mexicanas.

PEMEX no se ha estancado, ha evolucionado con la finalidad de cumplir con la competitividad de sus productos en un mundo globalizado; A finales de los 80's y principio de los 90's una de las reformas que sufrió la paraestatal es la separación de sus tareas

industriales y comerciales establecidas en su Ley Orgánica como a continuación se enuncian:

- PEMEX Exploración y Producción
- PEMEX Refinación
- PEMEX Gas y Petroquímica Básica
- PEMEX Petroquímica

El IMP ha estado trabajando para satisfacer las necesidades de PEMEX y pretende ser el principal proveedor de clase mundial de investigación y desarrollo para éste; no obstante, se ha enfocado a la competitividad de la industria petrolera mundial; comprometido en el desarrollo de tecnología de más alto valor para PEMEX, penetrar en un mercado internacional a través de cumplir restricciones más exigentes, por lo cual, el IMP está analizando su capacidad actual y futura para prestar servicios de investigación y desarrollo de gran impacto.

Por otra parte, el gobierno está privatizando cada vez más funciones de investigación, lo que ha ocasionado que las entidades que se sustentan sobre esta área tienen que generar su propio ingreso para no depender del presupuesto federal, así que la búsqueda de políticas más ambiciosas, con una serie de imperativos estratégicos son situaciones a tratar por parte del IMP.

4.2 La Directriz del IMP

El Instituto Mexicano del Petróleo en sus acciones por consolidarse como un centro de investigación y excelencia tecnológica que ofrece servicios orientados a la solución de problemas e impulsa el desarrollo eficiente, competitivo, socialmente rentable y sustentable para la industria petrolera, reordenó sus actividades de investigación y desarrollo tecnológico y estableció nuevas líneas de trabajo para obtener la óptima alineación tecnológica con PEMEX. Mediante los Programas de Investigación y Desarrollo 1999 - 2003, el IMP busca el fortalecimiento de la excelencia en la investigación y en el otorgamiento de servicios de alta densidad tecnológica.

El IMP estructuró un programa de gestión tecnológica denominado "Excelencia global del IMP" cuyo objetivo general es establecer e institucionalizar un sistema de gestión y planeación tecnológica en torno a las funciones que se ven involucradas para:

1. Lograr una total alineación de las actividades de Investigación y Desarrollo (I+D) con las necesidades de Petróleos Mexicanos (PEMEX)
2. Orientar los esfuerzos al desarrollo y mantenimiento de las capacidades en las áreas críticas de la industria petrolera que tengan un nivel de competencia de clase mundial
3. Optimizar los procesos de gestión y manejo de la tecnología y
4. Establecer criterios para modernizar la estructura organizacional del IMP y PEMEX

Por los grandes retos de globalización que tiene que afrontar a través de su directriz, el IMP se ha visto inmerso en grandes reestructuraciones administrativa, comercial y tecnológica, lo cual sólo puede llevarse a cabo bajo una estructura de planeación concisa y eficiente. El IMP se ha dado a la tarea a desarrollar programas ambiciosos como es el caso del proyecto de gran visión denominado “Excelencia Global” que está integrado por diez tareas que son:

1. Establecimiento de las relaciones de trabajo para la planeación
2. Definir las necesidades y objetivos tecnológicos relacionados a I+D
3. Definir y priorizar proyectos de I+D
4. Desarrollo de planes y asignación de presupuestos
5. Desarrollo de escenarios futuros del negocio
6. Cadena de valor para la refinación del petróleo
7. Evaluación de la situación actual del negocio (Benchmarking)
8. Inteligencia tecnología
9. Desarrollo de Mapas tecnológicos
10. Recursos humanos y transformación organizacional

4.3 Alcance del Trabajo

Debido a la magnitud y lo ambicioso del programa “Excelencia global”, el presente trabajo se ha limitado a tratar únicamente el desarrollo de los mapas tecnológicos para el proceso productivo de la refinación petrolera, que servirá como modelo a seguir para las otras subsidiarias de la paraestatal.

Precedentes para los Mapas Tecnológicos para Procesos Tecnológicos Productivos (MTPP)

El proyecto “Excelencia Global” consta de diez tareas en total, algunas de ellas de gran importancia como precedentes de la tarea denominada “Mapas Tecnológicos”, ver Fig. 4- 1; la tarea de Cadena de valor y Escenarios ayudaron a definir, por un lado, los elementos preponderantes que pudieran proporcionar alguna ventaja competitiva y por el otro el posible comportamiento de la industria del petróleo específicamente de la refinación petrolera.

En el trabajo de Escenarios se tuvo como objetivo perfeccionar los procesos y sistemas de administración tecnológica del IMP, lo cual dio como resultado estrategias para incrementar la habilidad de conocer las demandas y la rentabilidad de la refinación petrolera hacia el 2008 a través de:

Alianzas estratégicas

- Apertura de mercado
- Co-inversión en nuevas capacidades
- Transferencia tecnológica
- Expansión de horizontes

Ventaja en nuevos productos y servicios

- Rápidos seguidores en la refinación del crudo

La distribución de vital importancia
 Monitoreo estrecho para vehículos híbridos para el uso de energía
 Mejoramiento de combustibles y energía a través de “manufactura flexibilizada”.

Optimización global

Incremento de un sistema amplio de información
 Mayor eficiencia en la administración del agua
 Mejora de recursos humanos
 Mejora de seguridad
 Avanzados sistemas de información

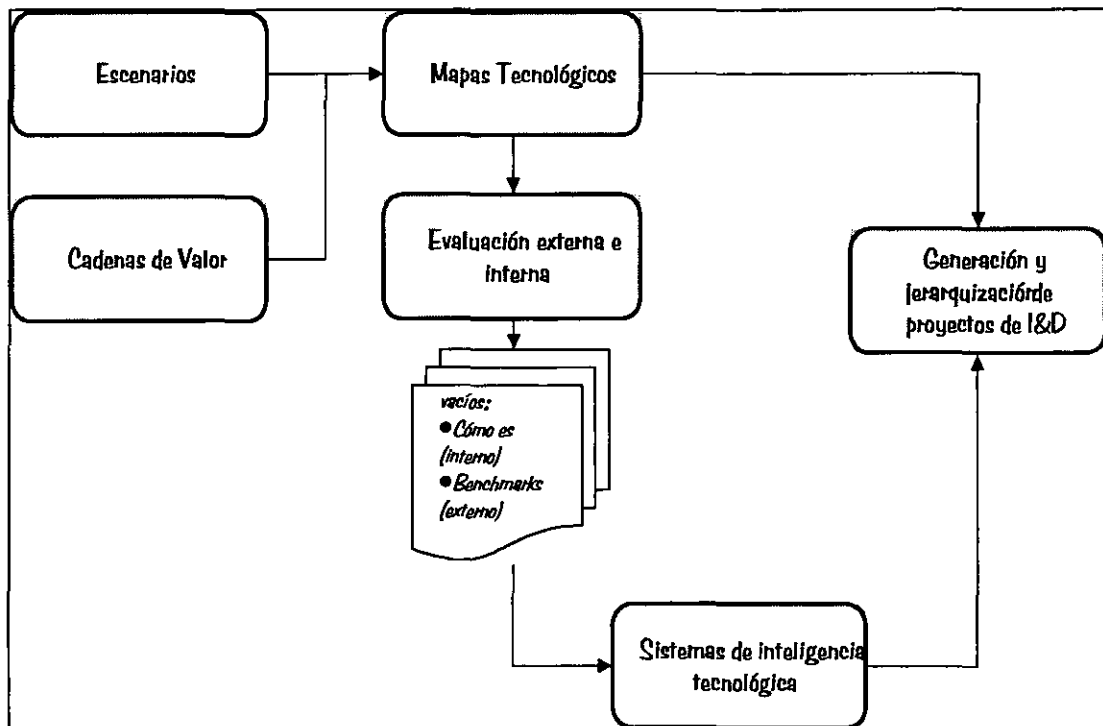


Fig. 4- 1 Relación de tareas precedentes para poder dar inicio a la construcción de Mapas Tecnológicos para el Proceso Productivo¹

Resultados para la refinación petrolera

La refinación necesitará exceder planes presentes para la optimización global.

1. La refinación petrolera debe enfatizar el desarrollo de nuevos productos acorde con la optimización global.
2. Las alianzas estratégicas son de vital importancia para complementar los recursos y tecnologías de PEMEX.
3. La refinación debe mantener un rol de distribución de sus productos.

Posteriormente, se siguió con la tarea de Mapas Tecnológicos para el proceso productivo de la refinación petrolera que para la elaboración de este trabajo se usaron consultas a expertos (Workshops) que permitió obtener información relevante, relacionado a la mejora de la refinación, al respecto, hubo participación de especialistas que

¹Proyecto; Excelencia Global; Reporte parcial de la tarea 3 “Definición de proyectos de I&D, pp.2

alimentaron con base a su experiencia y sus conocimientos las tendencias de las tecnologías que se pudieran usar en la refinación petrolera, posterior a esto se realizó una consulta tipo Delphi con el fin de validar la información obtenida del taller y evaluarla a través de atributos estratégicos.

A continuación se describe cómo se realizaron cada una de estas consultas.

4.4 Desarrollo del Taller (Workshop)

Objetivos del Taller

Identificar los cambios tecnológicos más significativos y probables en la realización de cada función productiva en la refinación del petróleo.

El desarrollo

En los grupos de trabajo, los equipos de científicos e ingenieros del IMP, PEMEX y universidades generaron lluvias de ideas sobre la introducción de nuevas tecnologías para identificar las tendencias tecnológicas y mejorar la funcionalidad de una refinería.

Los equipos desarrollaron y caracterizaron varias trayectorias de tecnologías alternativas. Estas trayectorias debieron, posteriormente, ser evaluadas en principio, por un Delphi y un Workshop lo que debió permitir definir la Capacidad Tecnológica Integrada para cubrir las necesidades de negocios futuros de PEMEX.

Como se ha mencionado, la construcción del mapa tecnológico consiste de cuatro etapas (Clarke, 1998). Por lo que en principio se hizo la *selección de los destinos tecnológicos deseados*, *Identificación de las rutas para alcanzar tales destinos*, *construcción del mapa*, y *por último la revisión periódica del mapa por parte de los involucrados*.

Agenda de trabajo

Preparación previa para el taller

Cada participante debió revisar el diagrama de flujo (ver fig. 4.1) que muestra la estructura actual del proceso de refinación, más aún las nuevas tecnologías o aplicaciones que pudieran usarse en un futuro. Los “procesos potenciales” se muestran con líneas punteadas. Hipotéticamente esas deben coadyuvar o reemplazar al proceso actual mostrado con líneas sólidas.

Selección de los destinos (Primer día)

Para la selección de los destinos, en principio se recurrió a entrevistas directas con directivos de PEMEX – Refinación con el propósito de identificar las posibles tendencias de los productos que requiere el mercado, así como de la materia prima con que se cuenta a corto, mediano, y largo plazo. La información obtenida de estas entrevistas fue cruzada con los resultados de los “Escenarios” que se desarrollaron para PEMEX – Refinación, lo cual

se enfocó para lo requerido hacia el 2005, En el Anexo F (Escenarios) se describen los futuros escenarios para la refinación petrolera, por ejemplo, se estima la capacidad actual de procesamiento de crudo pesado en un máximo de 500 mbd. Actualmente, se contempla incrementar esta capacidad al aumentar el porcentaje de crudo maya en la mezcla hasta alcanzar un promedio de 55-60% del total de la mezcla de proceso en el 2005; es decir alrededor de 780 mbd de crudo Maya. Estas directrices comerciales fueron planteadas en el taller (workshop) para tener claro qué se propone PEMEX-Refinación.

Para el taller se definió una agenda con un lapso de dos días, con el propósito de seleccionar los destinos tecnológicos y su respectiva conceptualización de las disciplinas y especialidades involucradas con tecnologías que, aún no se aplican al ramo o no son comercialmente disponibles.

La reunión inició con presentaciones que describieron:

- a) El proceso de "roadmapping"
 - b) Metas de negocios de PEMEX
 - c) Una estructuración de la cartera de proyectos de investigación y desarrollo del IMP
 - d) Metas de los grupos de trabajo y objetivos
- El trabajo se dividió en dos grupos, los cuales trabajaron por separado; además, contaron con un facilitador y un secretario, para desarrollar ideas acerca de los nuevos tipos de tecnologías que deben ser incorporadas en una refinería para mejorar su funcionalidad.

El facilitador solicitó a los participantes que pensarán en nuevos procesos o en el mejoramiento de los actuales asociados a cada una de las distintas funciones, vinculadas a la refinación del petróleo, ver Fig. 4- 2. Durante 15 minutos los participantes identificaron los nuevos procesos o las modificaciones en los actuales.

- Al terminar, se inició una discusión colectiva organizada de la siguiente manera:
 - Se realizó por funciones. Cada participante planteó sus ideas acerca de los nuevos procesos o modificaciones en los actuales.
 - Se comentaron de manera grupal cada una de las propuestas con el fin de aclarar el significado y no de refutarla.
 - En un rotaforlio el facilitador señaló cada función y escribió los procesos correspondientes propuestos por los participantes.
- Una vez discutidas todas las funciones del proceso de refinación petrolera, cada grupo nombró a un representante que presentaría el trabajo del equipo en el pleno del taller con la finalidad de aclarar dudas a todos los participantes.

Identificación de las rutas (Segundo día)

Se mencionó que una vez establecidos los destinos tecnológicos es necesario construir las rutas para alcanzarlos. También es importante recordar que para la construcción de la ruta incluye los conceptos de plataformas tecnológicas, componentes tecnológicos, y capacidades tecnológicas, por lo tanto, la unión coherente de estos elementos y que así convengan se denomina *trazar las rutas*.

Los subgrupos caracterizaron los nuevos sistemas al determinar qué plataformas, componentes y capacidades de investigación se requieren consolidar o desarrollar. Finalmente, las plataformas y componentes debieron ser caracterizados, usando un conjunto de criterios, tales como fases en el ciclo de vida de la tecnología.

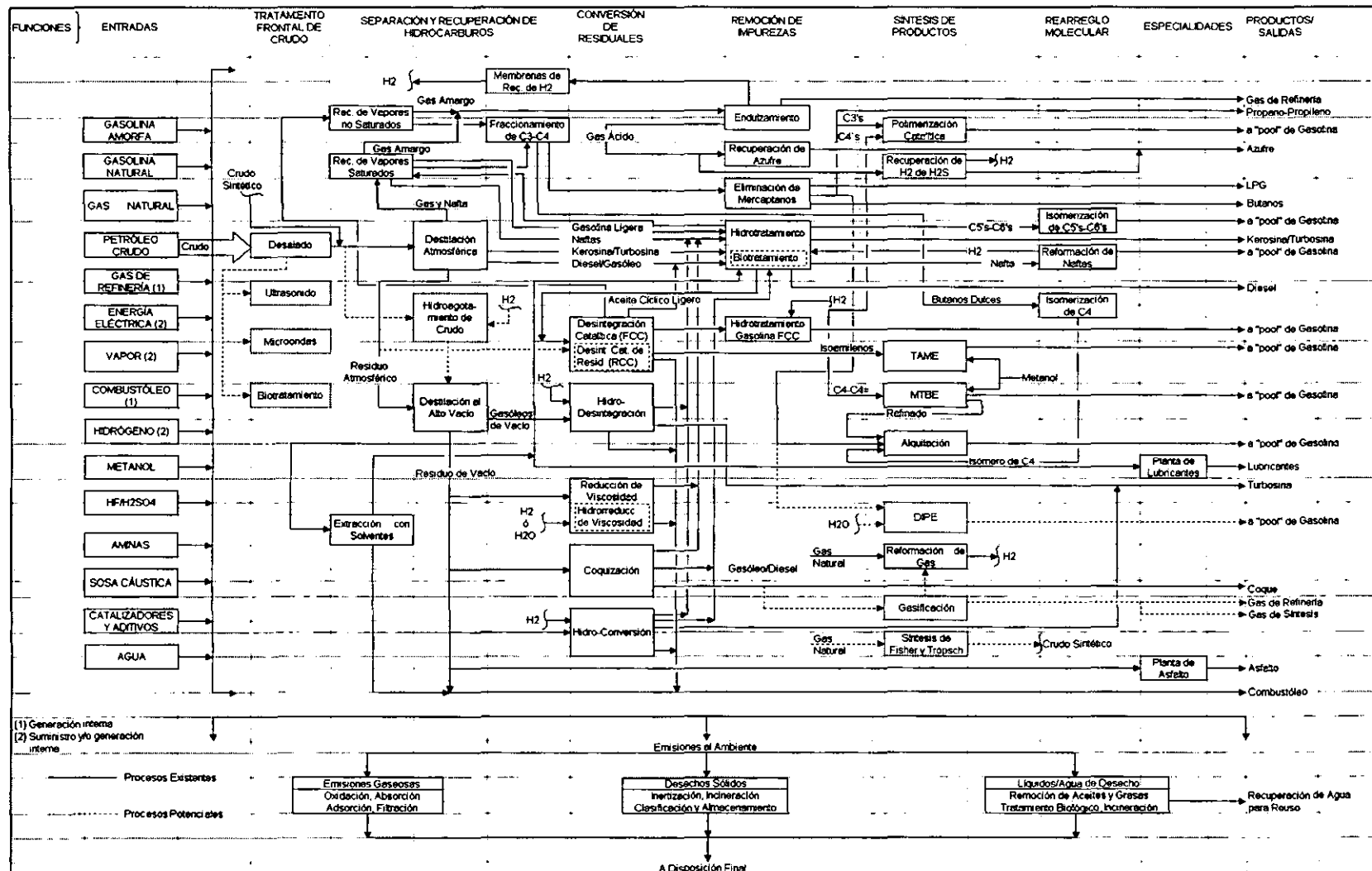


Fig. 4- 2 Funciones tecnológicas productivas y las aplicaciones que conforman cada una de ellas en un sistema de refinación petrolera

Los participantes opinaron respecto a los tipos de tecnologías que deben introducirse para mejorar cada una de las funciones dentro de la refinería. Estas pueden ser tecnologías en desarrollo, tecnologías usadas en otras industrias, o nuevos conceptos de tecnologías que no son utilizadas o probadas.

Los participantes, también, fueron cuestionados respecto a los cambios radicales que se pudieran generar, remover, agregar a las funciones tecnológicas actuales.

Como se ha mencionado, en este taller se identificaron los posibles destinos tecnológicos (Funciones tecnológicas productivas fuertemente vinculadas a I+D) y los posibles elementos tecnológicos que los sustentan, más no se logró detectar las funciones productivas de mayor relevancia, ya que esta labor se hizo en la encuesta Delphi

Lo que se identificó, también, en el taller fueron las alternativas tecnológicas (plataformas tecnológicas) asociadas al mejoramiento de las funciones productivas que conforman el SPF, las cuales fueron plasmadas a través de relaciones (ligas) entre funciones y plataformas tecnológicas, lo cual se realizó a través de un dialogo abierto para convergencia de opiniones entre los participantes.

Para evaluar y corroborar las alternativas desde los puntos de vista de riesgo tecnológico, costo de desarrollo, probabilidades de éxito y las ventajas que proporciona cada una las alternativas fue a través de una encuesta tipo Delphi, la cual será descrita posteriormente.

Para definir los destinos tecnológicos que así convengan serán definidos al tiempo que se cuente con información precisa de la meta de negocio, las cuales se prevé que pudieran ser:

-
- Mejoramiento de la calidad de las gasolinas en el mediano plazo para alcanzar las normas internacionales.
 - Incrementar la refinación de crudo Maya (pesado)
 - Aumentar la producción de gasolinas para satisfacer la demanda nacional y eliminar las importaciones.
 - Responder, en el mediano plazo, a la demanda de una mayor diversidad de gasolinas.
 - Incrementar las utilidades por barril del petróleo procesado, etc.
-

Las actividades de la agenda para esta etapa son los siguientes:

- Se integraron los dos subgrupos en uno solo.
- Se solicitó a los representantes de cada subgrupo que presentaran los procesos discutidos el día anterior para cada una de las funciones.
- Para cada función, los representantes explicaron los procesos nuevos o mejorados propuestos en cada subgrupo. Con base en ello, se integró en un solo conjunto de propuestas para cada función.

- Una vez integrado dicho conjunto, los participantes identificaron las plataformas y componentes tecnológicos a cada nuevo proceso identificado a través de una plenaria. Esta identificación se fundamentó en los procesos nuevos o mejorados propuestos.
- Las propuestas y componentes tecnológicos propuestos por los participantes se anotaron en un rotafolio, cada uno de ellos se colocó en lugares visibles de tal manera que todos los participantes podían ver el nombre de plataformas y componentes previamente identificados.
- Esta identificación se realizó hasta agotar todos los nuevos procesos propuestos para la función correspondiente.
- Al término de cada función, los participantes evaluaron el nivel de desarrollo de cada uno de los componentes tecnológicos propuestos. La evaluación se basó en las siguientes tres categorías:

-
- ✓ Los que actualmente están en la refinación del petróleo (identificados con letra "E", color verde)
 - ✓ Los que tienen aplicación en otras industrias diferentes a la refinación (etiquetados con la letra "U", color amarillo)
 - ✓ Los que representan nuevas tecnologías aún no probadas a escala industrial (letra "N", color rojo)
-

- El proceso anterior se repitió para cada una de las funciones consideradas en la refinación del petróleo.
- Durante esta sesión, se capturó simultáneamente en un software gráfico (GMS) los nombres de las plataformas y componentes tecnológicos.
- En esta fase se debieron detectar, también, las capacidades tecnológicas y ser relacionadas con los componentes tecnológicos, sin embargo no se llegó a tal grado por razones de tiempo, además el planteamiento no fue el adecuado, ya que esto requiere de otros estudios tales como análisis de cartera de proyectos debidamente caracterizados para definir las capacidades internas, al respecto, es importante mencionar que cada componente tecnológico contiene un conjunto de proyectos que pudieran sustentar las estrategias tecnológica. Al decir de las capacidades tecnológicas externas es necesario desarrollar estudios relacionados con la inteligencia competitiva. Por lo que es importante que primero se construyan las rutas desde las metas comerciales hasta los componentes tecnológicos y llegar a las capacidades tecnológicas, siempre y cuando ya se hayan elaborado estudios como los señalados anteriormente.

Sin embargo, los elementos que se han definido en el taller desde la selección de los destinos tecnológicos y comerciales, las plataformas tecnológicas así como sus componentes no fueron evaluados en esta fase, ya que esto se practicó a través de una encuesta tipo Delphi, cabe aclarar que esta práctica sólo se llevó a cabo para la relación de plataformas tecnológicas y funciones productivas.

El taller permitió reducir el tiempo para obtener información útil para la siguiente fase donde se consolidó esta además de identificar las plataformas tecnológicas que sustenten a una función tecnológica competitiva con base en una encuesta tipo Delphi.

4.5 La Encuesta Tipo DELPHI

La necesidad de corroborar ampliar y evaluar la información obtenida del taller para construir el MT para del proceso productivo de refinación, se desarrolló una encuesta tipo Delphi; la cual constó de una sola ronda, evidentemente, con opción de ampliarlo; con quince preguntas cada cuestionario por cada Función Tecnológica Productiva (7 en total).

El objetivo de la encuesta fue proporcionar información relacionada a las tendencias y riesgos tecnológicos relacionados con el proceso tecnológico para el mediano y largo plazo, además de sustentar y depurar información obtenida del taller.

La Fig. 4- 3 muestra el diagrama de la refinación petrolera sin más datos que como funciona actualmente, éste fue entregado así a cada uno de los encuestados; la diferencia que existe entre esta figura y la 4-2 es que ésta trae información adicional que pudiera generar resultados coartados con la idea que se proporciona en el primero porque en ésta se encuentran algunos procesos posiblemente innovadores en la refinación y lo que se pretendió era hacer uso del conocimiento de los expertos en la materia.

Así, pues, se definió qué nivel de importancia tienen las plataformas tecnológicas dentro de los valores estratégico ante las funciones productivas, ver Fig. 4- 4 correspondiente a plataforma tecnológicas sobre las funciones tecnológicas productivas en el sistema de refinación petrolera, esto, también puede verse de manera matricial en el Anexo G, (relaciones entre Plataformas tecnológicas y Funciones productivas), por otra parte, fue necesario ampliar la información por omisiones que se hubieran presentado en el taller, ya que en el taller se contó con la participación de expertos nacionales, por lo que se necesitó que existieran otros enfoques de especialistas extranjeros. Es decir, el propósito esencial de la encuesta fue evaluar qué nuevas tecnologías podrían mejorar de manera óptima las operaciones de la refinación petrolera a través de:

- **Reducir costos de producción**
- **Aumentar eficiencia/productividad**
- **Mejorar la calidad del producto**
- **Hacer más flexible la refinería para poder utilizar insumos de menor calidad y/o producir un rango de productos de mayor calidad**
- **Disminuir los impactos negativos ambientales**
- **Introducir las mejoras de proceso o producto que, con base en el conocimiento del experto pudiera saber qué se necesita**

Por lo cual, se prevé que algunas de estas tecnologías identificadas sean prometedoras como blancos para la investigación y el desarrollo en el proceso que se analiza.

Hemos descrito la refinería en términos funcionales. Todos los procesos importantes dentro de una refinería típica han sido colocados dentro de una de las siguientes funciones:

- Tratamiento de crudo de entrada
- Separación y recuperación de hidrocarburos
- Conversión de residuos
- Eliminación de impurezas
- Síntesis de productos
- Reagrupación molecular
- Procesos ambientales

En la encuesta, se proporcionan algunas nuevas plataformas tecnológicas que se podría aplicar para mejorar cada función. Como plataforma tecnológica se entiende como una combinación de tecnologías y 'know-how' que puede aplicarse en una variedad de situaciones para agregar valor al proceso. Algunos ejemplos de plataformas incluyen el bioprocesamiento, los procesos catalíticos integrados. En el cuestionario está una lista completa de las plataformas y descripciones de ellas ver Tabla 4- 1. Estas plataformas tienen más de una aplicación potencial dentro de la refinería y por lo tanto es posible que la investigación y el desarrollo con respecto a ellas tengan beneficios de gran alcance. Nuestra meta principal en esta encuesta fue obtener la opinión sobre cuáles de estas plataformas podrían resultar de mayor beneficio dentro de una refinería del futuro.

① Tratamiento Frontal De Crudo	② Separación Y Recuperación de Hidrocarburos	③ Conversión De Residuales	④ Remoción De Impurezas	⑤ Síntesis De Productos	⑥ Rearreglo Molecular	⑦ Especialidades
Desalado	Fraccionamiento de C3-C4		Eliminación de Mercaptanos	Alquilación	Isomerización De C4	
	Rec. de Vapor no Saturados		Enduzamiento	Polimercatoma Catalítica	Isomerización De C5's-C6's	
	Rec. de Vapor Saturados		Recuperación de Azufre	TAME	Reformación De Naftas	
	Destilación Atmosférica		Hidro-tratamiento Gasolina FCC	MTBE		
	Destilación al Alto Vacío		Hidro-tratamiento	Reformación de Gas		
	Extracción con Solventes					
⑧ Eliminación de Emisiones al Ambiente						

Fig. 4- 3 Sistema tecnológico productivo funcional de refinación con fuerte potencial en I+D

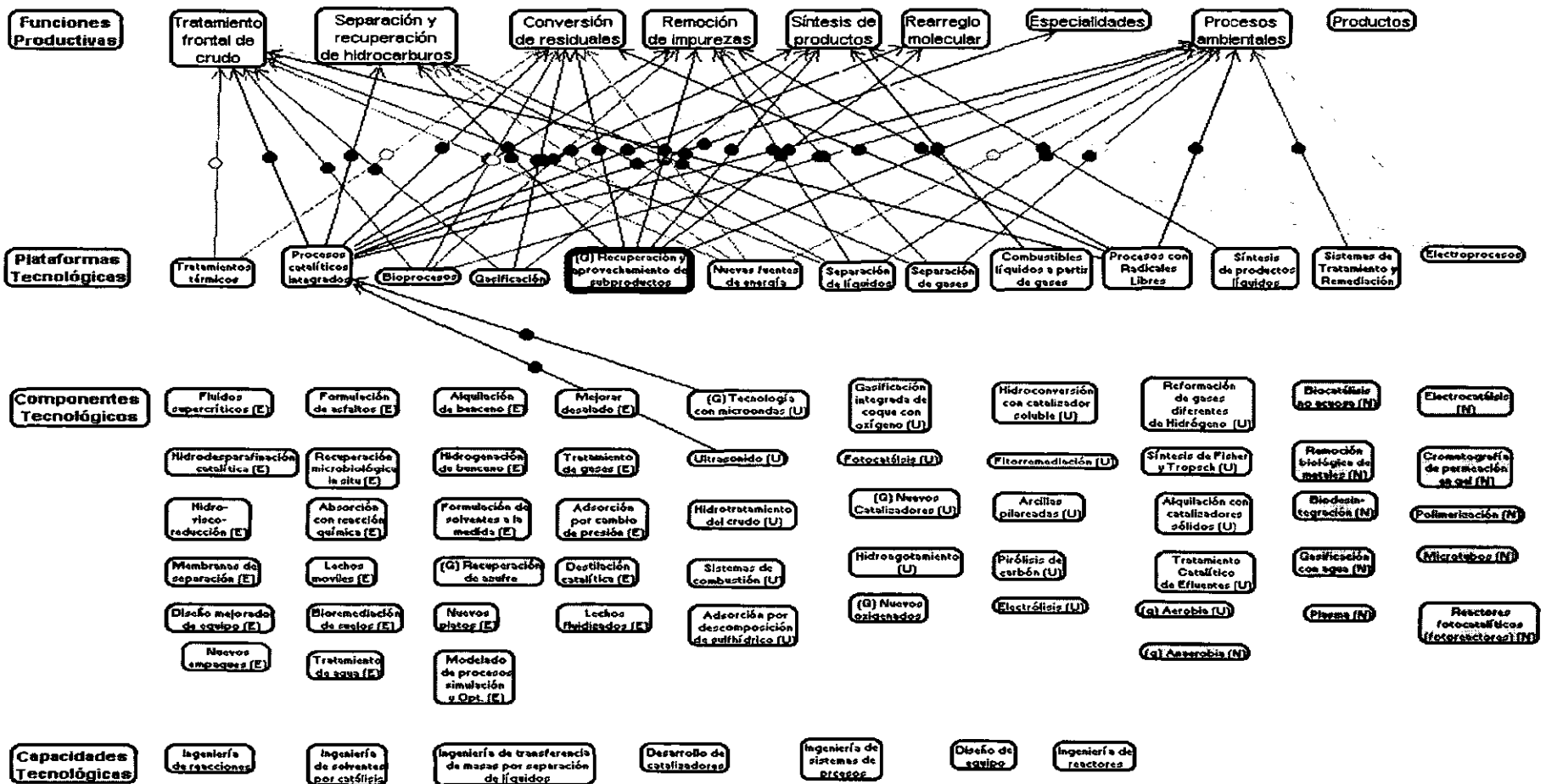


Fig. 4- 4 Resultados del taller que identifica las posibles relaciones entre las plataformas tecnológicas y funciones productivas en Ref. del petróleo

Tabla 4- 1 Plataformas tecnológicas y sus definiciones

Título de plataforma	Descripción de plataformas
Bioprocesos	La plataforma tecnológica de Bioprocesos disminuye los problemas ambientales asociados con los productos químicos e industriales. En resumen, se pueden obtener coproductos no contaminantes a través de los que sí contaminan. Bioprocesos puede remover y destruir hidrocarburos alifáticos y aromáticos, entre otros.
Recuperación y uso de subproductos	Esta plataforma produce significantes beneficios económicos a través de la recuperación de productos valiosos a través de los desperdicios de derrames de la refinería. Los subproductos pueden ser reusados o reciclados abatiendo el consumo de material y combustible dentro de una refinería.
Sistema de tratamiento y remediación	Esta plataforma trata de reducir la cantidad de tóxicos y compuestos dañinos hasta cumplir con la regulación ambiental
Nuevas fuentes de energía	Esta plataforma incluye tecnologías que debieran cambiar la eficiencia y/o la gama de productos de una refinería. La tecnología de celdas de combustible es una fuente importante, nueva de producir energía, la cual puede directa o indirectamente impactar en las operaciones de una refinería. Esto pudiera ser una fuente alternativa de fuerza con una aplicación potencial en varias áreas de una refinería.
Liquid Separation	La plataforma de Separación de líquidos se relaciona con las operaciones de la refinería, como alta destilación al vacío como un agente limpiador, lo cual es importante para obtener máximas fracciones de petróleo. En suma, esto contribuye a la purificación de derrames y a la recuperación de subproductos.
Separación de gas	Esta plataforma proporciona una disminución de contaminantes a los derrames, principalmente con la operación de absorción y adsorción, además se puede usar para la remoción de SOx y NOx desde los conductos de gas.
Gasificación	Esta plataforma ofrece y mejora la eficiencia de la conversión de un bajo valor negativo de carbón tal como es el coque del petróleo, altos sulfuros en el material o cualquier material pudiera ser dispuesto en un derrame dentro de una limpia síntesis de gas. Este gas puede ser usado en lugar de gas natural para generar electricidad, o como material para producir químicos y combustibles líquidos.
Electroprocesos	Hoy la función primaria de esta plataforma es remover los clorhidros orgánicos y otros componentes de la solubilidad del agua desde el petróleo crudo, previniendo las demandas de largo plazo en procesos de la refinación de baja contaminación. Otra aplicación potencial, tal como la promoción de la reacción química pudiera ser desarrollada.
Proceso catalíticos integrados	Esta plataforma es esencial en las operaciones de la refinación. Convierte al petróleo destilado y otros residuos en productos de alto valor tal como olefinas ligeras que pueden ser convertidas a gasolinas y petroquímicos, y GLP, entre otros. Esta tecnología puede producir re-arreglo molecular para aumentar el valor de los productos.
Gas a combustibles líquidos	Esta plataforma es capaz de recuperar desde los licuables hasta los flujos de gas asociado. Esto proporciona importantes beneficios económicos en la producción de gasolina y GLP. También es usado para la conversión de metano a GLP o gasolina.
Proceso con radicales libres	Esta plataforma hace un colapso de doble promoción de reacción química y nuevos re-arreglos moleculares tal como la ramificación de cadenas que generalmente proporcionan el mejor octanaje en el compuesto de gasolina.

Título de plataforma	Descripción de plataformas
Tratamientos térmicos	Esta plataforma incluye craqueos térmicos para compuestos más pesados que permiten obtener destilados más ligeros. Estas tecnologías pueden ser usadas para producir crudos sintéticos con grados de transportabilidad adecuados en función de la reducción de viscosidad.
Síntesis de productos líquidos	Esta plataforma incluye síntesis de productos líquidos tales como oxigenados (MTBE, ETBE, TAME, DIPE y/o éteres moleculares más ligeros) y alquilación para proporcionar un alto octanaje en la reformulación de gasolina.

Sería difícil contestar las preguntas acerca de los beneficios y costos de estas plataformas sin tener en mente aplicaciones concretas. Entonces, lo primero que se necesitó fue explicar lo que se cree que sea la mejor aplicación potencial de cada plataforma dentro de cada función. Por ejemplo, hipotéticamente, se puede creer que la plataforma de bioprocesamiento probablemente sea la más beneficiosa en una aplicación de desulfurización, dentro de la función del tratamiento de crudo. Sin embargo, dentro de la función denominada “separación y recuperación de hidrocarburos”, podría ser de mayor beneficio en una aplicación diferente. Se ofrecen algunas posibles aplicaciones, ver Anexo H (plataformas, funciones y aplicaciones), las aplicaciones pudieran definirse como el punto de incidencia donde pudiera impactar específicamente la plataforma tecnológica, este es el primer paso dentro de la encuesta; sin embargo, el encuestado tuvo la libertad de definir su propia aplicación e incluirla. La encuesta está organizada por función, y existen entre cinco a diez plataformas dentro de cada una de ellas, cada una con una serie de quince preguntas.

También, se solicitó a cada experto explicara sus respuestas argumentando el porqué de su propuesta siempre y cuando fuera posible. Existieron espacios donde pudo anotar sus comentarios a cada pregunta. Y, si el encuestado no era capaz de contestar algunas preguntas, siempre pudo elegir la respuesta “No sé”.

Opciones para Llenar la Encuesta

Se elaboraron dos opciones para llenar la encuesta. Una forma fue la hoja de cálculo Excel.

Si se prefería, la encuesta se podía llenar a ‘a la antigua’, utilizando lápiz o pluma para marcar sus selecciones y anotar sus comentarios.

El procedimiento que se siguió para el desarrollo de la encuesta

Se desarrolló una encuesta con una sola ronda, posteriormente pudieran desarrollarse las demás. Los participantes fueron integrantes de institutos de investigación y de universidades, en la **Tabla 4- 2**, se mencionan las instituciones participantes.

Las metas específicas a alcanzar fue tener una visión consistente de expertos relacionados con la industria de la refinación petrolera para las Plataformas Tecnológicas

así como el de definir sus parámetros en términos de importancia relacionada a los propios objetivos estratégicos.

Tabla 4- 2 Instituciones participantes en la encuesta tipo Delphi

✓	Amoco Research laboratory (USA)
✓	Amoco/BP Technology Council
✓	US DOE Argonne National Laboratory
✓	Battelle Pacific Northwest National laboratory (Staff relacionado directamente con la industria del petróleo).
✓	IMP
✓	PEMEX
✓	UNAM
✓	UAM

La forma de aplicación de la encuesta, todas, fueron a través de correo electrónico (e-mail) trabajando directamente en hojas de cálculo excel.

En estas hojas de cálculo se integró información como instrucciones de llenado, definiciones de los conceptos a usar, por ejemplo funciones tecnológicas productivas y las posibles relaciones con las plataformas tecnológicas, la definición de cada una de las funciones y sus aplicación² y de las plataformas tecnológicas. También se contó con la hoja donde se encuentran todas las preguntas que forman el cuestionario, así como la hoja de almacén de datos y un ejemplo como muestra de resultados de lo que se obtendría a la terminación de la encuesta.

La encuesta Delphi fue desarrollada en torno a las funciones productivas que se muestran en la **Tabla 4- 3**, quienes surgieron del esquema de un sistema tecnológico productivo de refinación, por otra parte, en la **Tabla 4- 4** se hace mención del total de las Plataformas Tecnológicas obtenidas en el taller, que relacionándolas con las funciones tecnológicas productivas arrojaron un total de 585 preguntas con bloques de quince repetidas para cada plataforma en cada función.

Tabla 4- 3 Funciones tecnológicas productivas de un sistema de refinación de petróleo.

1.	Tratamiento Frontal de Crudo
2.	Reparación y recuperación
3.	Conversión de residuales
4.	Remoción de impurezas
5.	Síntesis de productos
6.	Rearreglo molecular
7.	Ambiental

La organización para la encuesta fue, como primer paso, que para cada función tecnológica productiva el experto seleccionara la mejor aplicación (por citar un ejemplo desalado en tratamiento frontal de crudo) con cada plataforma y responder las quince

² Parte específica de una función tecnológica productiva y que puede encontrarse en varias de ellas.

preguntas para cada plataforma sobre la aplicación como se observa en la Fig. 4- 5 donde se muestra una de tantas relaciones de funciones con plataformas.

Tabla 4- 4 Plataformas tecnológicas para la construcción de MTTP para Refinación del Petróleo.

1. Combustibles líquidos a partir de gases
2. Electroprocesos
3. Gasificación
4. Lodos aceitosos
5. Nuevas fuentes de energía
6. Procesos catalíticos integrados
7. Procesos con Radicales Libres
8. Separación de gases
9. Separación de líquidos
10. Síntesis de productos líquidos
11. Sistemas de Tratamiento y Remediación
12. Tratamientos térmicos

	A	B	C	D
1	1: Tratamiento frontal de crudo		Q	Issue: Potencial técnico
2				
3	Paso 1: Para cada plataforma de abajo, por favor, seleccione la aplicación que tu creas que más beneficiaría al desarrollo de las plataformas ... o definir una alternativa bajo comentarios.		Pregunta 1: ¿Cuál es la probabilidad de que un programa de R&D enfocado a desarrollar la plataforma tecnológica con la aplicación seleccionada pudiera ser técnicamente exitoso; es decir, que esto llevara a una innovación en una refinería y que permitiera mejorar su desempeño?	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10	Plataformas que soportan esta función de refinería.	Escoge una aplicación desde la lista o introduzca una alternativa en las celdas C22-C24 abajo.	Favor de escoger una respuesta a la pregunta de arriba para cada plataforma.	En el espacio de abajo, favor de indicar su razón, sobre todo si escogió o alta o baja probabilidad de éxito técnico:
11				
12	Biorrefinación	Desulfuración		Posibles valores de probabilidad de ocurrencia para que se presente el evento, asignado por el encuestado, que para esta pregunta va del rango de 25% a 100%
13	Procesos catalíticos integrados	Desulfuración Desnitrificación Desmetalización		
14	Separación de líquidos	Desulfuración Modo de separación en B22 abajo Modo de separación en B24 abajo		
15	Tratamiento térmico	Desnitrificación		
16	Electroprocesos	Desnitrificación		
17	Gasificación	Desnitrificación		
18	Procesos de radicales libres	Desnitrificación		
19	Nuevas fuentes de energía	Desulfuración		
20	Otro: Por favor coméntelo			
21	Otro: Por favor coméntelo			

Fig. 4- 5. Segmento de la hoja de cálculo donde se seleccionan las relaciones de las plataformas tecnológicas sobre las aplicaciones de una Función Tecnológica Productiva. También muestra del desplegado de la primera pregunta del cuestionario para la primera función (Tratamiento frontal de crudo) así como los posibles valores que les puede asignar el entrevistado a cada relación.

Son siete Funciones Tecnológicas porque las funciones de insumos y servicios no fueron analizadas para este caso, las primeras son el eje central del cuestionario Delphi y en torno a ellas se plantearon las preguntas; sin embargo, como cualquier cuestionario de este tipo se dejaron alternativas para que los expertos ampliaran más sobre el tema desde su óptica. En el ANEXO I se mencionan las preguntas del cuestionario Delphi, preparadas con respuestas de opción múltiple, únicamente se anexa la versión en español. Cada una de las preguntas puede sintetizarse por tópicos mencionados en la Tabla 4- 5.

Tabla 4- 5 Tópicos para cada pregunta del cuestionario Delphi

Pregunta Variable por pronosticar

1.-	Potencial técnico
2.-	Marco de tiempo
3.-	Esfuerzo de desarrollo
4.-	Infraestructura de I+D
5.-	Costos inicial de capital
6.-	Restricciones para la implementación
7.-	Ahorro en costos
8.-	Procesamiento de más crudo pesado
9.-	Productos de más alto valor
10.-	Productos de más alta calidad
11.-	Productos adicionales
12.-	Beneficios ambientales
13.-	Otros beneficios
14.-	Valor intrínseco de I+D
15.-	Desarrolladores o "Rápidos seguidores"

Los quince tópicos, por decirlo de otra manera, son las partes claves a pronosticar, los cuales convergen a través de pesos ponderados para definir los Atributos Estratégicos que son:

1. Probabilidad total éxito
2. Mínimo costo de Investigación y Desarrollo
3. Beneficio Anual
4. Probabilidad éxito de Investigación y Desarrollo
5. Valor estratégico

Los "Atributos estratégicos" son las variables a pronosticar para identificar las funciones tecnológicas estratégicas que debieran desarrollarse para generar una ventaja competitiva, sin embargo, se dio un paso más para proporcionar una ventaja competitiva integral, es decir, aquellas funciones tecnológicas que cubran de mejor manera todos los Atributos Estratégicos.

Manejo de datos de los resultados de los cuestionarios Delphi.

Como se mencionó, fueron 585 preguntas por participante, que resultan de siete funciones tecnológicas, con un rango de 1 a 9 de Plataformas por Función tecnológica.

Para la normalización de respuestas se uso una escala de 1-5, el mejor y el peor, respectivamente.

Entonces, lo que se evaluó fue el grado de importancia de las Plataformas sobre la función combinando la información de cada pregunta.

Para el análisis de resultados fue el siguiente

Se definió una escala de correlación para cada Atributo Estratégico, el cual consistió en dar para cada pregunta un valor de positivo (P) o negativo (N).

Los posibles valores enteros que podía tener cada pregunta se fueron definiendo por la función:

$$y = -\frac{4}{3}x + 6.33$$

Donde:

x : es la opción a seleccionar por el encuestado

y : es el valor normalizado de la respuesta " n "; $1 \leq n \leq 15$

Con la ayuda de expertos se hizo una normalización de pesos en cada pregunta para los atributos estratégicos como se muestra en el Anexo J.

Por lo tanto, la distribución del peso asignado a la respuesta " n " fue hecha para cada atributo y así definir el valor que le corresponde a cada uno de ellos, lo cual está totalmente ligado a la correlación de escala y a la normalización de pesos. Es decir:

Cuando la contribución de un atributo es positivo se define lo siguiente:

$$VAE_{(p)} = PN_{n,m} \times VPE$$

Donde:

$VAE_{(p)}$ es Valor del Atributo Estratégico

$PN_{n,m}$ Peso Normalizado de la pregunta " n "

VPE es el Valor de Pregunta propuesto por el encuestado.

Ahora bien, cuando la contribución de un atributo es negativo se define lo siguiente:

$$VAE_{(p)} = PN_{n,m} \times (5 - VPE)$$

La fórmula anterior se usó exclusivamente para no tener valores negativos.

Al obtener todas las preguntas contestadas y con su peso determinado en cada plataforma para cada función; se procedió a realizar la sumatoria para definir el valor total de cada atributo estratégico por cada encuestado, realizándose de la siguiente manera:

$$AE(\text{plataforma } i) = \sum_{i=1}^{15} VAE(p)_i$$

Donde:

AE : es el atributo estratégico total de cada plataforma

Además, como se ha mencionado también, el análisis de qué tan importante es la plataforma en términos globales ante todos los atributos estratégicos se hizo de la siguiente manera. Se propuso armonizar los pesos con el fin de que el peso real no fuera afectado por

sus extremos de calificación que asignado por los expertos, lo cual se hizo de la siguiente manera:

$$VTP = \sum_{i=1}^n \frac{1}{\left(\sum_{i=1}^{15} VAE (p)_i \right)^2}$$

Donde:

VTP: Es el valor total de la plataforma sobre todas las funciones

Por lo tanto, el compendio del análisis de resultados se encuentra en el Anexo K donde se puede observar, la inmensa gama de datos que se pudieron manejar, no obstante, los resultados son mostrados en el siguiente capítulo.

Capítulo V Análisis de Resultados

En este capítulo se hablará de los elementos que se obtuvieron del taller (Workshop) y de los resultados de la encuesta tipo Delphi, relacionados a la necesidad de definir las estrategias tecnológicas que permitan posicionar al Instituto Mexicano del Petróleo como un competidor potencial, y brindar tecnologías competitivas alineadas con las estrategias de negocio de PEMEX.

Es necesario mencionar que el taller fue precedente de la encuesta, por lo que parecería que se repiten los resultados; sin embargo, es necesario mostrarlos con el fin de que el lector se le facilite la comprensión del proceso, ya que los resultados del taller son en gran medida la base para generar los elementos de análisis de la encuesta.

Para el manejo de la información se uso un software denominado Graphical Modeling Systems (GMS), el cual permite presentar la información de manera gráfica y de fácil ordenación y actualización.

5.1 Resultados de la consulta a expertos (Workshop)

En el capítulo anterior se describió la forma de como se llevaron a cabo las consultas a expertos, de las cuales se desprendieron resultados relacionados a la refinación petrolera. Como punto de partida, fueron los objetivos planteados para la tarea de MT alimentada a través del conocimiento y experiencia de los expertos participantes.

Se invitaron 34 expertos en la materia para participar en el taller, de los cuales asistieron 13, uno de PEMEX, seis del IMP, y seis de universidades especialmente de la UNAM y UAM, en la **Tabla 5- 1** se muestra la comparación de asistencia al evento de las distintas dependencias mencionadas. A través de la dinámica se obtuvieron las plataformas tecnológicas, los componentes tecnológicos y las capacidades tecnológicas así como la relación (ligas) entre las siete funciones tecnológicas productivas.

Tabla 5- 1 Comparativa de invitados y asistentes al Workshop para definir tecnologías emergentes para la refinación petrolera.

	Invitados	Participaron
Pemex-Ref.	8	1
IMP	14	6
UNAM	9	4
UAM-I	2	2
U.Iberoamericana	1	0

Las Funciones Tecnológicas Productivas

Las “Funciones Tecnológicas Productivas” (FTP) de la refinación del petróleo con las que se trabajó son siete, todas ellas como áreas potenciales para ser explotadas por I+D, fundamentales para sustentar ventajas competitivas de gran valor.

Las FTP son las que se muestran en la Tabla 5- 2, tales funciones fueron proporcionadas de manera gráfica (Fig. 5- 1) por expertos del IMP y discutidas cuáles son las que se pueden explotar en cuanto a I+D se refiere. De nueve se seleccionaron siete.

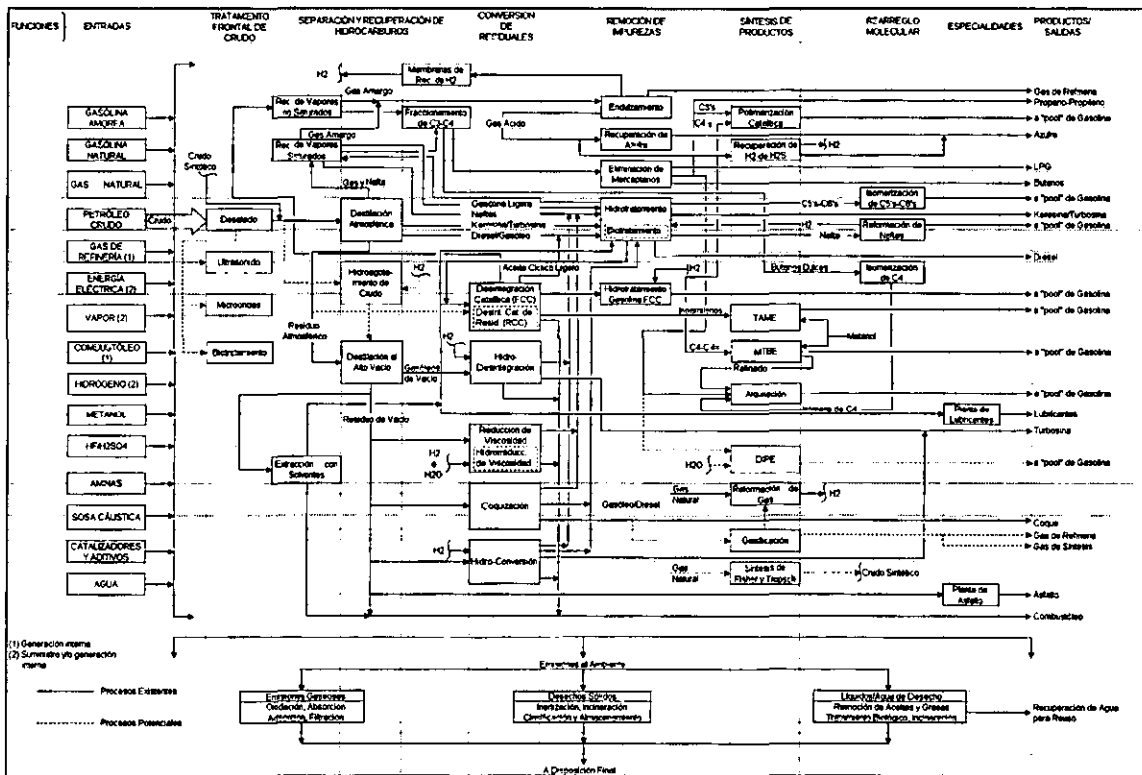


Fig. 5- 1 Sistema tecnológico productivos de una Refinería.

En el capítulo anterior se hizo una aclaración respecto al sistema productivo mostrado en la Fig. 5-1, la cual consiste en que este diagrama ya incluye aplicaciones funcionales que en la práctica aún no se llevan a cabo dentro de algunas FTP, tal es el caso de la función de “Tratamiento frontal de crudo” donde ya se está planteando el uso de “microondas”, “ultrasonido”, y “biotratamiento” para tratar el petróleo crudo; más aún en la función de “Recuperación y aprovechamiento de hidrocarburos” se quiere hacer uso del “hidrógeno” para llevar a cabo el “hidroagotamiento del crudo”; sin embargo, no se ha podido llevar a cabo por no ser todavía rentable.

Tabla. 5- 2 Funciones tecnológicas productivas analizadas en el workshop

➤ Tratamiento frontal de crudo	➤ Síntesis de productos
➤ Separación y recuperación de hidrocarburos	➤ Rearreglo molecular
➤ Conversión de residuales	➤ Procesos ambientales
➤ Remoción de impurezas	

Las Plataformas Tecnológicas Productivas

A través de las funciones antes mencionadas y con base en los conocimientos de los expertos, posterior a la lluvia de ideas, se hizo una clasificación de las plataformas tecnológicas en términos de la definición que se dio a este concepto. El conjunto de plataformas que arrojó el resultado son 13 (Tabla 5- 3) todas ellas vinculadas a una o varias Funciones tecnológicas productivas.

Tabla 5- 3 Plataformas tecnológicas obtenidas del workshop

Título de plataforma	Descripción de plataformas
Bioprocesos	La plataforma tecnológica de Bioprocesos disminuye los problemas ambientales asociados con los productos químicos e industriales. En resumen, se pueden obtener coproductos no contaminantes a través de los que sí contaminan. Bioprocesos puede remover y destruir hidrocarburos alifáticos y aromáticos, entre otros.
Recuperación y uso de subproductos	Esta plataforma produce significantes beneficios económicos a través de la recuperación de productos valiosos a través de los desperdicios de derrames de la refinería. Los subproductos pueden ser re usados o reciclados abatiendo el consumo de material y combustible dentro de una refinería.
Sistema de tratamiento y remediación	Esta plataforma trata de reducir la cantidad de tóxicos y compuestos dañinos hasta cumplir con la regulación ambiental
Nuevas fuentes de energía	Esta plataforma incluye tecnologías que debieran cambiar la eficiencia y/o la gama de productos de una refinería. La tecnología de celdas de combustible es una fuente importante, nueva de producir energía, la cual puede directa o indirectamente impactar en las operaciones de una refinería. Esto pudiera ser una fuente alternativa de fuerza con una aplicación potencial en varias áreas de una refinería.
Separación de líquidos	La plataforma de Separación de líquidos se relaciona con las operaciones de la refinería, como alta destilación al vacío como un agente limpiador, lo cual es importante para obtener máximas fracciones de petróleo. En suma, esto contribuye a la purificación de derrames y a la recuperación de subproductos.
Separación de gases	Esta plataforma proporciona una disminución de contaminantes a los derrames, principalmente con la operación de absorción y adsorción, además se puede usar para la remoción de SOx y Nox desde los conductos de gas.
Gasificación	Esta plataforma ofrece y mejora la eficiencia de la conversión de un bajo valor negativo de carbón tal como es el coque del petróleo, altos sulfuros en el material o cualquier material pudiera ser dispuesto en un derrame dentro de una limpia síntesis de gas. Este gas puede ser usado en lugar de gas natural para generar electricidad, o como material para producir químicos y combustibles líquidos.
Electroprocesos	Hoy la función primaria de esta plataforma es remover los clorhidros orgánicos y otros componentes de la solubilidad del agua desde el petróleo crudo, previniendo las demandas de largo plazo en procesos de la refinación de baja contaminación. Otra aplicación potencial, tal como la promoción de la reacción química pudiera ser desarrollada.

Título de plataforma	Descripción de plataformas
Proceso catalíticos integrados	Esencial en las operaciones de la refinación. Convierte al petróleo destilado y otros residuos en productos de alto valor tal como olefinas ligeras que pueden ser convertidas a gasolinas y petroquímicos, y GLP, entre otros. Esta tecnología puede producir re-arreglo molecular para aumentar el valor de los productos.
Gas a combustibles líquidos	Esta plataforma es capaz de recuperar desde los licuables hasta los flujos de gas asociado. Esto proporciona importantes beneficios económicos en la producción de gasolina y GLP. También es usado para la conversión de metano a GLP o gasolina.
Proceso con radicales libres	Esta plataforma hace un colapso de doble promoción de reacción química y nuevos re-arreglos moleculares tal como la ramificación de cadenas que generalmente proporcionan el mejor octanaje en el compuesto de gasolina.
Tratamientos térmicos	Esta plataforma incluye craqueos térmicos para compuestos más pesados que permiten obtener destilados más ligeros. Estas tecnologías pueden ser usadas para producir crudos sintéticos con grados de transportabilidad adecuados en función de la reducción de viscosidad.
Síntesis de productos líquidos	Esta plataforma incluye síntesis de productos líquidos tales como oxigenados (MTBE, ETBE, TAME, DIPE y/o éteres moleculares más ligeros) y alquilación para proporcionar un alto octanaje en la reformulación de gasolina.

Luego de haber generado las plataformas tecnológicas como un conjunto de tecnologías, se dio paso a definir qué tecnologías son las que pudieran sustentas a cada una de ellas, estas son los componentes tecnológicos.

Los Componentes Tecnológicos

Al identificar los componentes tecnológicos, se hizo una clasificación de estos en función del grado desarrollo que tienen en el ciclo de vida de la tecnología. Los elementos denominados como componentes tecnológicos fueron 56 en principio ver **Tabla 5- 4**. Cada uno de ellos fue etiquetado por colores o letras que significan lo siguiente: los que actualmente están en desarrollo en la industria de la Refinación identificados por la letra "E"; los que tienen aplicación en otras industrias con la letra "U"; y los que se están desarrollando sin que aún tengan alguna aplicación comercial con la letra "N".

Tabla 5- 4 Componentes tecnológicos obtenidos del workshop

ID	Nombre del componente tec.	ID	Nombre del componente tec.
CT1	Fluidos supercríticos (E)	GTC16	(G) Recuperación de Azufre
CT2	Hidrodessparafinación catalítica (E)	CT16S1	(g) Adsorción en cama fría (E)
CT3	Hidro- visco- reducción (E)	CT16S2	(g) Oxidación selectiva (E)
CT4	Membranas de separación (E)	CT17	Nuevos platos (E)
CT5	Diseño mejorado de equipo (E)	CT18	Modelado de procesos simulación y Opt. (E)
CT6	Nuevos empaques (E)	CT19	Mejorar desalado (E)
CT7	Formulación de asfaltos (E)	CT20	Tratamiento de gases (E)
CT8	Recuperación microbiológica in situ (E)	GCT21	(G) Recuperación de Hidrógeno
CT9	Absorción con reacción química (E)	CT21S1	Adsorción por cambio de presión (E)
CT10	Lechos móviles (E)	CT21S2	Adsorción por descomposición de sulfhídrico (U)

ID	Nombre del componente tec.	ID	Nombre del componente tec.
CT11	Bioremediación de suelos (E)	GCT22	(G) Tecnología de Microondas
CT12	Tratamiento de agua (E)	CT22S1	(g) Fuentes (U)
CT13	Alquilación de benceno (E)	CT22S2	(g) Aplicaciones (U)
CT14	Hidrogenación de benceno (E)	CT23	Ultrasonido (U)
CT15	Formulación de solventes a la medida (E)	CT24	Hidrotratamiento del crudo (U)
CT36	Electrólisis (U)	CT25	Sistemas de combustión (U)
CT37	Reformación de gases diferentes de Hidrógeno (U)	CT26	Gasificación integrada de coque con oxígeno (U)
CT38	Síntesis de Fisher y Tropsch (U)	CT27	Fotocatálisis (U)
CT39	Lechos fluidizados (E)	GCT28	(G) Nuevos Catalizadores
CT40	Alquilación con catalizadores sólidos (U)	CT28S1	(g) Hidro tratamiento (U)
CT41	Tratamiento Catalítico de Efluentes (U)	CT28S2	(g) Alto desempeño (U)
GCT42	(G) BIODESULFURACIÓN	CT28S3	(g) Para residuo Atmosférico (U)
CT42S1	(g) Anaerobia (N)	CT29	Hidroagotamiento (U)
CT42S2	(g) Aerobia (U)	CT30	Destilación catalítica (E)
CT43	Biocatálisis no acuosa (N)	GTC31	(G) Nuevos Oxigenados
CT44	Remoción biológica de metales (N)	CT31S1	(g) Alcoholes (U)
CT45	Biodesintegración (N)	CT31S2	(g) DIPE (U)
CT46	Gasificación con agua (N)	CT31S3	(g) DME (U)
CT47	Plasma (N)	CT32	Hidroconversión con catalizador soluble (U)
CT48	Electrocatalisis (N)	CT33	Fitorremediación (U)
CT49	Cromatografía de permeación en gel (N)	CT34	Arcillas pilareadas (U)
CT50	Polimerización (N)	CT35	Pirólisis de carbón (U)
CT51	Reactores fotocatalíticos (fotoreactores) (N)	CT68	PRODUCCIÓN DE HIDRÓGENO

La Tabla 5- 4 muestra 66 componentes tecnológicos debido a que algunos de estos son grupos de componentes por la similitud de la técnica de cómo resolver el problema, tal es el caso de "recuperación de azufre" que contiene a "adsorción en cama fría y oxidación selectiva".

Las relaciones entre Función tecnológicas productivas, Plataformas y Componentes tecnológicos

Para cada uno de los componentes tecnológicos que se han mostrado no se tiene una definición precisa de cada uno de ellos, debido a la secuencia de las actividades del taller. Además, por falta de tiempo no se concluyeron las relaciones (ligas) que tiene cada uno de ellos con las plataformas tecnológicas. Sin embargo, dentro del workshop sí se definieron las relaciones entre las Plataformas tecnológicas y las FTP como se pueden apreciar en la Fig. 5- 2, estas relaciones, por el momento no tienen mayor información, pero etapas posteriores podrán ser retroalimentadas, tampoco se les dio una prioridad para definir la factibilidad, ni el grado de riesgo para transitar por ellas.

El gráfico que se muestra en la Fig. 5- 3 es el resultado del workshop sin ninguna modificación, se hace mención a esto, porque posterior al taller se ha ido mejorando dicho

modelo hasta llegar a establecer las relaciones (ligas) de las plataformas tecnológicas y los componentes tecnológicos, esto no se generó por falta de tiempo, ya que debió obtenerse en talleres posteriores al que se ha mencionado; sin embargo, estas relaciones fueron hechas por personas que laboran en el IMP. Por otra parte, en cada uno de los componentes tecnológicos se han ido agregando proyectos de I+D; definidos bajo la metodología propuesta por "Third generation R&D" desarrollada por Arthur D. Little, Inc.¹; por consiguiente se recomienda que esta metodología debe aplicarse también posteriormente de haber construido la estructura del MT para alimentar los vacíos tecnológicos.

Las Capacidades tecnológicas

También se definieron algunas capacidades tecnológicas, ellas son: "ingeniería de reacción"; "ingeniería de solventes por catálisis"; "ingeniería de transferencia de masas por separación de líquidos"; "desarrollo de catalizadores"; "ingeniería de sistema de procesos"; "diseño de equipo" e "ingeniería de reactores". En efecto, son pocas capacidades las que se mencionaron por motivos que no se tenía claro con qué se cuenta. Y esto se puede saber siempre y cuando se tenga total conocimiento de los recursos que tiene la organización, lo cual pudiera ser coadyuvado bajo un esquema de Inteligencia Tecnológica para saber qué, cómo, cuándo, y por qué lo están haciendo los competidores e identificar posibles alianzas estratégicas.

El software utilizado para la Estructura del MT

El resultado final que se muestra en la Fig. 5- 3 parecería difícil de manejar y visualizar. No obstante, para la construcción gráfica del mapa se empleó un software denominado "Graphical Modeling Systems" (GMS)², el cual está siendo diseñado y desarrollado por la Armada de los Estados Unidos a través de la Oficina de Investigación Naval (ONR). Este software permite generar filtros que permite enfocarse a los

¹ Third Generation R&D; Arthur D. Little, Inc.; Philip A. Roussel; Et. al; 1991; HBS.

² La Oficina de Investigación Naval (ONR) por sus siglas en ingles, ha reconocido la necesidad de desarrollar mapas tecnológicos que plasman la conexión entre los programas de ciencia y la tecnología, programas de Investigación y desarrollo los requerimientos exigidos por la Armada en todos sus niveles desde el sistema de comandos (SYSCOMs) hasta el programa de ejecutivos (PEOs).

Este sistema de modelado gráfico (GMS) se ideó para coadyuvar a los funcionarios, científicos, ingenieros, a la captura especializada de requerimientos, visualización, manipulación, y manejo de información contenida en los mapas tecnológicos, todo esto de una manera fácil de usar a través de un ambiente dinámico.

A través del uso inteligente del GMS y otras herramientas la intención es ayudar a mejorar la comunicación entre los participantes de la transferencia de tecnología, los de transición y los que la escalan hasta la práctica, especialmente para:

1. Incrementar la transparencia para asegurar que la comunicación sea más robusta y mejor entendida.
2. Ayudar a plasmar la alineación de los programas de ciencia y la tecnología y los proyectos de I+D hacia la dirección de lo requerido.
3. Proporcionar medios que plasmen el programa y los productos de una manera sincronizada con relación a los tópicos a resolver

El objetivo del GMS es que sea utilizado por la comunidad de planeación, enfocándolo a la planeación de largo plazo, para planes con gran incertidumbre en los resultados ya sea dentro de la planeación estratégica, programas de planeación, y planeación de proyectos. Por lo que se ha comentado, este software tiene la capacidad para ser empleado en diversas áreas donde se haga planeación; Sin embargo, no es tan bueno para desempeñarse para un programa de tareas detallado como pueden ser proyectos de administración tradicional.

requerimientos de determinadas áreas específicas, así como para clasificar las tecnologías a través de atributos tales como es el grado desarrollo de la tecnología, por ejemplo, incipiente, en desarrollo, maduro, etc. Una muestra al respecto, es el segmento del gráfico de la Fig. 5- 3 que se aprecia en la Fig. 5- 4 que plasma de manera específica las interrelaciones entre Componentes Tecnológicos y Plataformas Tecnológicas y estas con las FTP que en su conjunto son las posibles rutas tecnológicas, las cuales muestran los esfuerzos que se tienen que desarrollar para sustentar una estrategia de negocio como es “el uso eficiente de materia prima más pesada o con mayor grado de impurezas (Crudo Maya)” o “Diversificación de Gasolinas a la medida”, entre otras. Por lo tanto, este es un “entregable” del MTPP de la refinación que puede ser ajustado y/o mejorado periódicamente en función de lo que se requiera desarrollar para satisfacción del mercado. Es decir, definir una estrategia de negocio tal como el “uso eficiente del crudo Maya”, o mejor conocido como crudo pesado, para obtener una mayor gama de productos de calidad es necesario desarrollar una ventaja tecnológica competitiva sustentada en la FTP de “tratamiento frontal de crudo” y que ésta a su vez deberá ser soportada por un conjunto de plataformas tecnológicas tales como “recuperación y aprovechamiento de subproductos”, “separación de gases”; “procesos catalíticos integrados”; “separación de líquidos”; y “nuevas fuentes de energía”. Y cada una de estas plataformas tecnológicas tiene un conjunto de técnicas para solucionar un problema específico. Estas técnicas son denominadas componentes tecnológicos, tales como “hidrodesparafinación catalítica”; “recuperación de azufre”; “absorción con reacción química”; “sistemas de combustión”; “tecnología con microondas”; “polimerización”, y “fitorremediación”, entre otros.

Los resultados también pueden mostrarse de manera matricial como se observa en el Anexo g, que representa todas las combinaciones de lo que requiere cada una de las plataformas en relación con los componentes tecnológicos, la forma de presentarlo así tiene limitantes, ya que únicamente, se permite identificar las relaciones, caso contrario, el GMS permite agregar información en cada uno de los nodos o en las relaciones (ligas) a través de documentos en word o excel.

En este MTPP se plasmó la relación desde los componentes hasta la estrategia del negocio. Sin embargo, no se llegó a definir las relaciones críticas que identificaran una ventaja competitiva, y tampoco se cuantificaron los riesgos para transitar las rutas de los componentes y las plataformas tecnológicas ya que esto debe ser desarrollado y detallado en fases posteriores. La única parte que fue evaluada son las relaciones de las plataformas con respecto a las FTP, la Fig. 5-2 muestra la parte del mapa que sí lo fue. Esta evaluación se hizo para identificar los posibles conjuntos de tecnologías obtenidos del workshop y además detectar otros no considerados, que generaran valor a las funciones productivas potenciales en I+D del IMP. La evaluación de esta parte constó de elaborar un cuestionario Delphi.

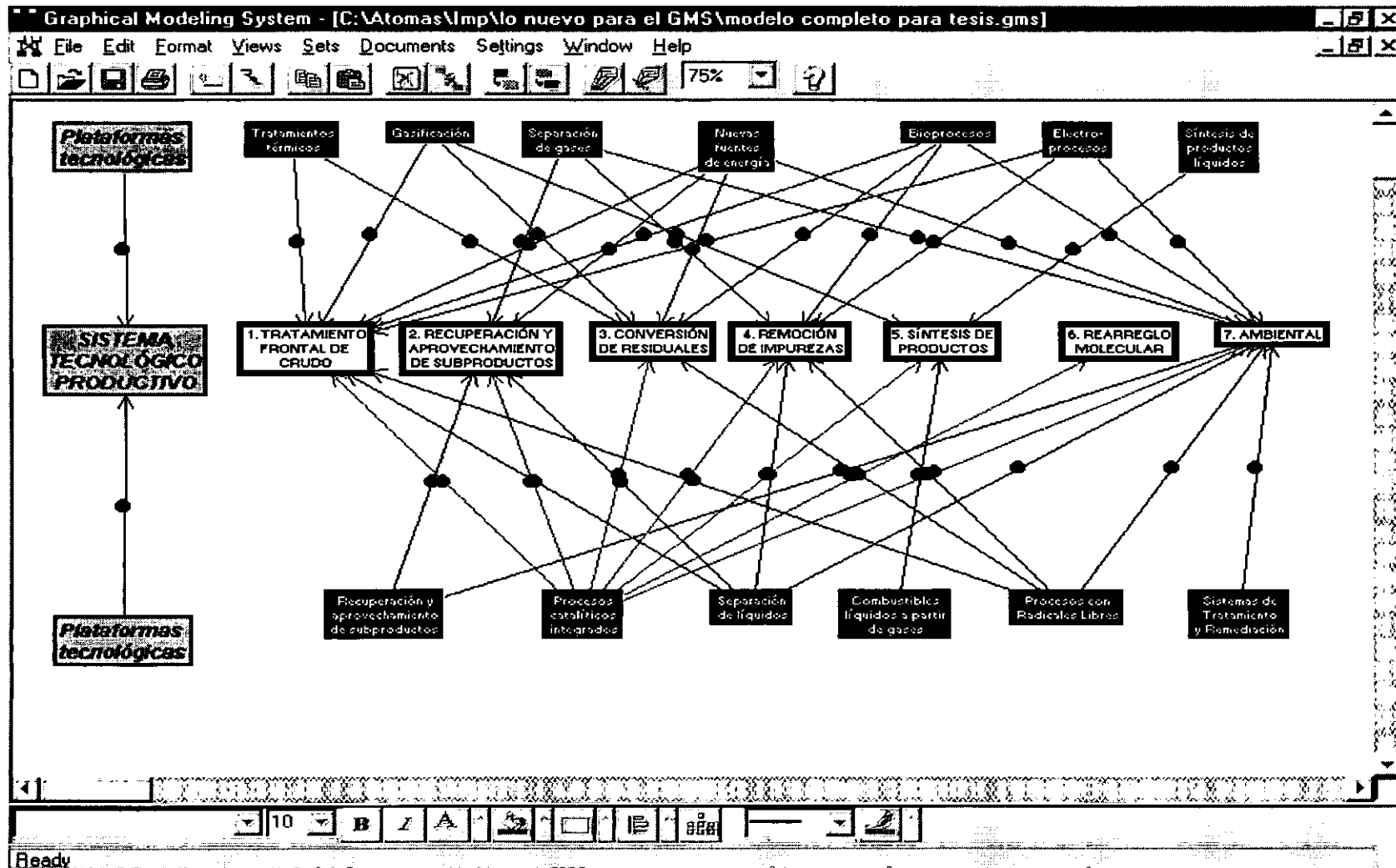
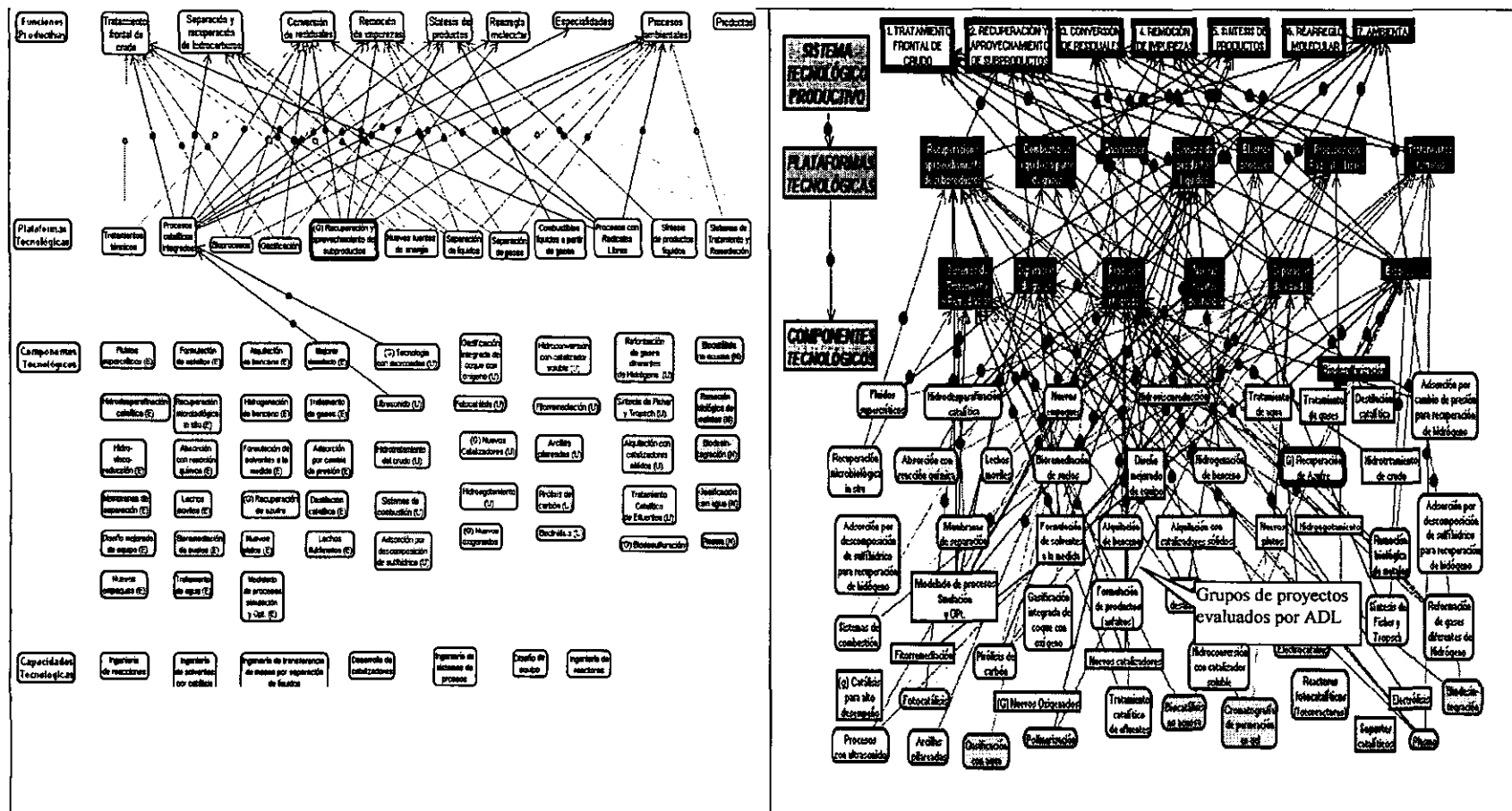


Fig. 5- 2 Relación de Plataformas tecnológicas y FTP obtenidas del taller



Mapa sin relación entre Plataformas y componentes

Mapa tecnológico que muestra las relaciones entre Funciones tec., Plataformas y componentes (Rutas del Mapa)

Fig. 5- 3 Comparativo del Mapa tecnológico del resultado inmediato del taller y el resultado final

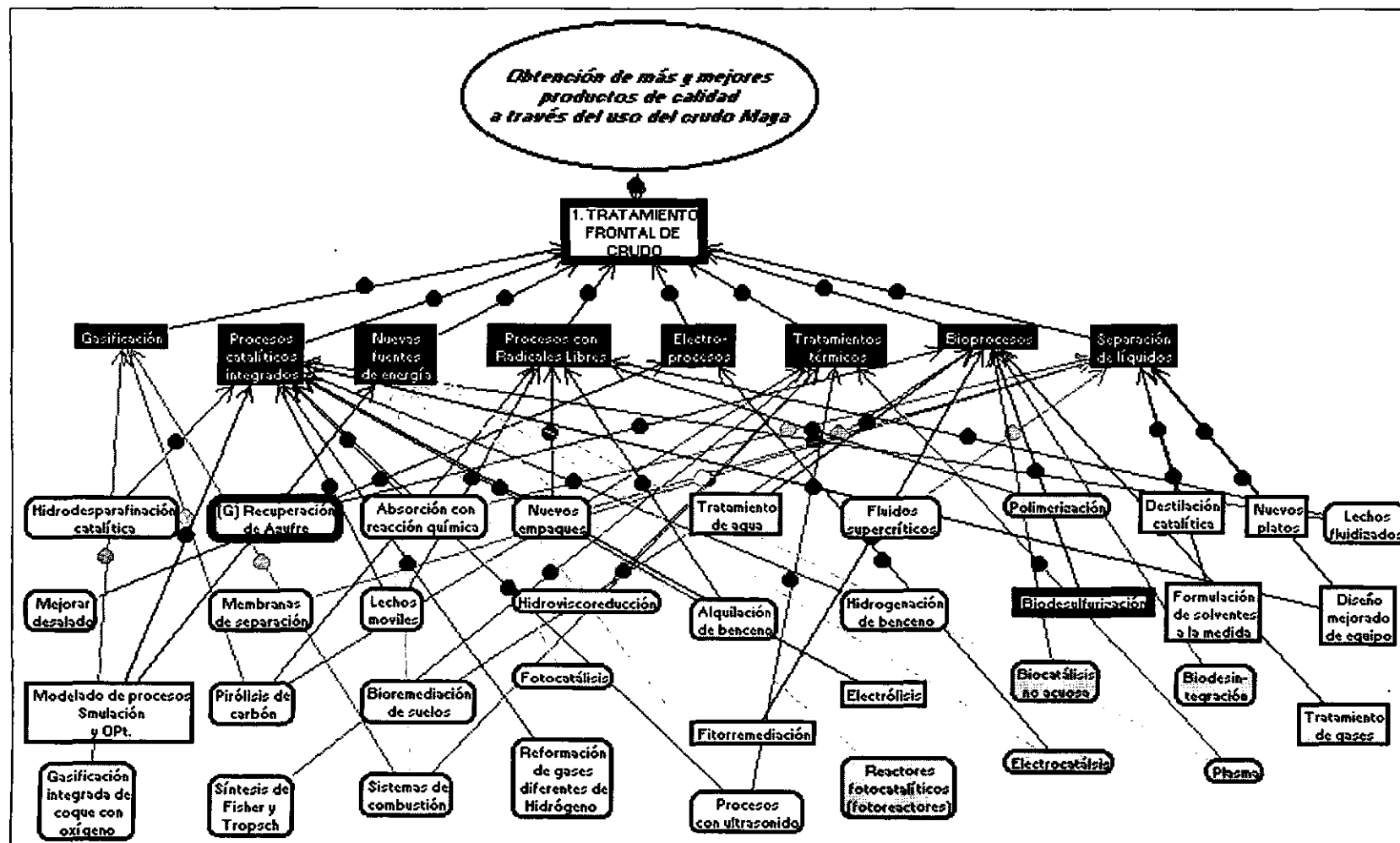


Fig. 5- 4 Posibles rutas que pueden sustentar una Función tecnológica productiva para desarrollar una determinada ventaja competitiva.

5.2 Los Resultados de la Encuesta Tipo Delphi.

Los resultados obtenidos de la encuesta Delphi se usó con el objeto de evaluar la información obtenida del taller; asimismo, para detectar lo que no se identificó en este, por otra parte, fue validar las plataformas que mayor valores estratégicos proporcionan a las FTP en relación con las estrategias del negocio de PEMEX.

Para este tipo de encuestas es necesario hacer varias iteraciones, sólo que para este trabajo ya se contaba con información discutida, la del taller, lo cual justifica una sola iteración, al respecto no se descarta la posibilidad de seguir desarrollando dos o tres iteraciones más para consolidar la información.

Participantes en la encuesta Delphi

La encuesta fue aplicada a expertos en la materia en los Estados Unidos y México, fueron seleccionados a través de la participación y desempeño en otras tareas, sólo para el caso mexicano, además, para cada uno de ellos se identificó su trayectoria en cuanto a investigación se refiere. En la **Tabla 5- 5** se muestran la Institución a la que pertenecen los participantes que fueron invitados a este evento.

Tabla 5-5 Instituciones participantes en la encuesta tipo Delphi

✓ Amoco Research laboratory (USA)
✓ Amoco/BP Technology Council
✓ US DOE Argonne National Laboratory
✓ Battelle Pacific Northwest National laboratory (Staff relacionado directamente con la industria del petróleo).
✓ IMP
✓ PEMEX
✓ UNAM
✓ UAM

Grado de participación en la encuesta

El porcentaje muy conservador de participación es del 60% del total de invitados, en la **Tabla 5- 6** se puede observar el comportamiento de participación de las distintas entidades. El tiempo consumido para el estudio Delphi fue de aproximadamente 4 meses, un mes en la formulación y elaboración de las preguntas y el diseño de la hoja de cálculo que contiene el cuestionario; cinco días para que fueran recibidos por los encuestados y tres meses para que se diera por terminada la entrega de los cuestionarios por parte de los expertos consultados y cinco días para el análisis de resultados.

Tabla 5- 6. Comparativa de participación en la encuesta Delphi.

	Invitados	Resueltos
PEMEX	5	3
IMP	5	3
Universidades Mexicanas (UNAM y UAM)	6	1 Incompleto
AMOCO	-	3
BATTELLE	-	3

La meta del Delphi

Las metas puntuales que se definieron en la encuesta fueron orientadas hacia obtener una visión respecto a las plataformas en términos de la valoración que le dieron los expertos en función de las preguntas planteadas en el cuestionario. Así pues, se planteó para cada una de las funciones de la refinería, que los participantes seleccionaran y calificaran las mejores aplicaciones de cada plataforma en función del valor que se le otorgó a cada pregunta del cuestionario.

Los resultados

Lo que se pretendió analizar en cada pregunta fue, por citar un ejemplo, ¿qué impacto tiene “procesos catalíticos integrados” (plataforma obtenida del taller) en un área específica dentro de “tratamiento frontal de crudo” (FTP) en el caso específico de remoción de azufre?. Esta pregunta obtuvo su respuesta a través de contestar un total de 15.

Es importante aclarar que las denominadas “aplicaciones” sólo sirvieron para guiar al consultado pero sin otorgarle algún valor dentro de la encuesta; por lo tanto, lo representativo para marcar las relaciones de impacto de las plataformas tecnológicas sólo fue sobre las funciones tecnológicas productivas, mencionadas en párrafos anteriores.

De esta manera fue como se conformó el cuestionario, relacionando las plataformas con las FTP, se desarrolló en torno a la vinculación de plataforma-función que definieron los expertos en el taller. En la **Tabla 5- 7** se identifican las plataformas tecnológicas que se evaluaron para cada una de las FTP, sobre las cuales se desarrolló el cuestionario de quince preguntas para cada relación, por ejemplo, en la función de tratamiento frontal de crudo se planteó la pregunta “¿Cuál es la probabilidad de que un programa de R&D enfocado a desarrollar la plataforma tecnológica bioprocesos (por citar un ejemplo) en tratamiento frontal de crudo, especialmente en desalado pudiera ser técnicamente exitoso; es decir, que esto llevara a una innovación en una refinería y que permitiera mejorar su desempeño?”, Con alternativas de respuesta, tales como Probabilidad alta (> 75%), Probabilidad moderadamente alta (50% 75%), Probabilidad moderadamente baja (25%-50%), Baja probabilidad (<25%), Yo no sé. En el anexo “I” se muestran todas las preguntas planteadas al respecto. Cada una de ellas, como ya se ha mencionado, tratan de dar respuesta a los tópicos que se relacionan en la **Tabla 5- 8**.

Se ha mencionado de manera resumida la forma de cómo se muestra el cuestionario, y la forma de análisis de las preguntas contestadas incluyendo, los “yo no sé”, lo cual permitió mostrar resultados de dicho cuestionario acerca de la refinación petrolera en un contexto actual y futuro.

Tabla 5- 7 Relaciones de funciones y plataformas tecnológicas como fueron planteadas en el cuestionario e integrada en una hoja de cálculo.

1.- Tratamiento frontal de crudo	2.- Separación y recuperación	3.- Conversión de residuales	4.- Remoción de impurezas	5.- Síntesis de productos	6.- Reajuste molecular	7.- Ambiental
Bio-procesos	Procesos catalíticos integrados	Bio procesos	Bio procesos	Procesos catalíticos integrados	Procesos catalíticos integrados	Bio procesos
Procesos catalíticos integrados	Separación de líquidos	Procesos catalíticos integrados	Procesos catalíticos integrados	Gasificación		Procesos catalíticos integrados
Separación de líquidos	Separación de gases	Tratamientos térmicos	Separación de líquidos	Gas a combustibles líquidos		Separación de líquidos
Tratamientos térmicos	Nuevas fuentes de energía	Gasificación	Separación de gases	Síntesis de productos líquidos		Separación de gases
Electro-procesos	Recuperación y uso de subproductos	Procesos de radicales libres	Electro procesos			Electro procesos
Gasificación		Nuevas fuentes de energía	Procesos con radicales libres			Procesos de radicales libres
Procesos con radicales libres						Nuevas fuentes de energía
Nuevas fuentes de energía						Recuperación y uso de subproductos
						Sistemas de tratamiento y remediación

Tabla 5- 8 Tópicos para cada pregunta del cuestionario Delphi

Pregunta	Tópico relacionado con la pregunta	Pregunta	Tópico relacionado con la pregunta
1.-	Potencial técnico	9.-	Productos de más alto valor
2.-	Marco de tiempo	10.-	Productos de más alta calidad
3.-	Esfuerzo de desarrollo	11.-	Productos adicionales
4.-	Infraestructura de I+D	12.-	Beneficios ambientales
5.-	Costos inicial de capital	13.-	Otros beneficios
6.-	Restricciones para la implementación	14.-	Valor intrínseco de I+D
7.-	Ahorro en costos	15.-	Desarrolladores o "Rápidos seguidores"
8.-	Procesamiento de más crudo pesado		

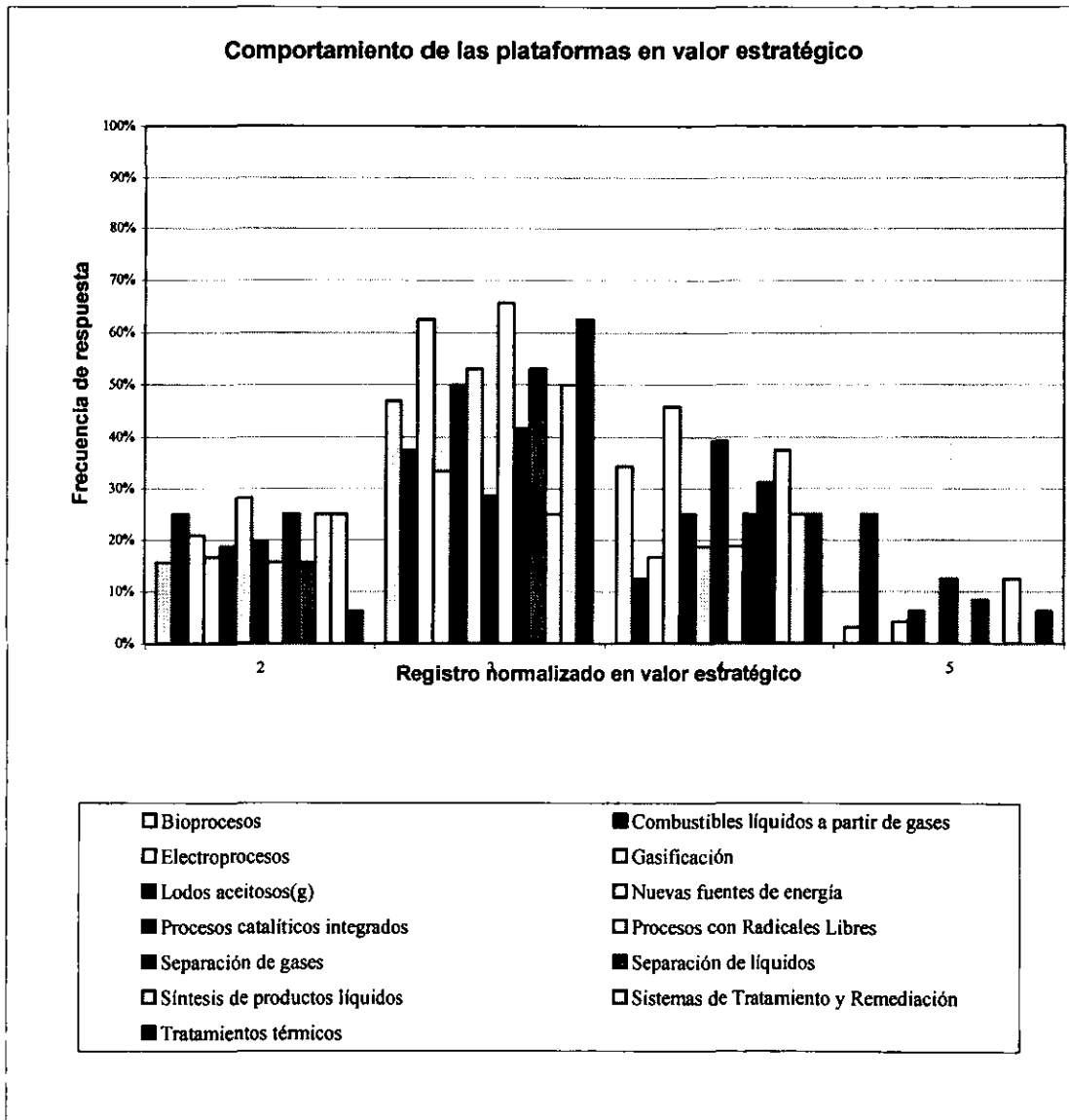
Los resultados son mostrados de manera gráfica para cada una de las plataformas tecnológicas (trece en total) en términos de los atributos estratégicos, tales como Probabilidad total éxito; Mínimo costo de Investigación y Desarrollo; Beneficio Anual; Probabilidad de éxito en Investigación y Desarrollo; Valor estratégico. Estos resultados pueden apreciarse en el Gráfico 5- 1. Lo que se puede observar, que para cada plataforma tecnológica dentro del atributo estratégico "Valor estratégico", los encuestados son muy conservadores como casi en todos los atributos analizados. Sin embargo, es importante

resaltar el comportamiento en los extremos, comenzando con la plataforma de "bioprocesos" que recibe un peso de 2 por el 15.63% de los encuestados, un peso de 3 por el 46.88% de los participantes; y el 34.38% asignaron un valor de 4; además tiene un peso adicional, el 3.13% de los encuestados dijeron que tiene un peso de 5, lo que permite deducir que esta plataforma tiene tendencias preferenciales para proporcionar mayor valor estratégico, con relación a este atributo el Gráfico 5-1 y la Tabla 5-9 muestran el comportamiento de los pesos normalizados de todas las plataformas, de donde se deduce que las plataformas de mayor relevancia para este caso son "procesos catalíticos integrados", "gasificación", "síntesis de productos líquido", y "bio-procesos".

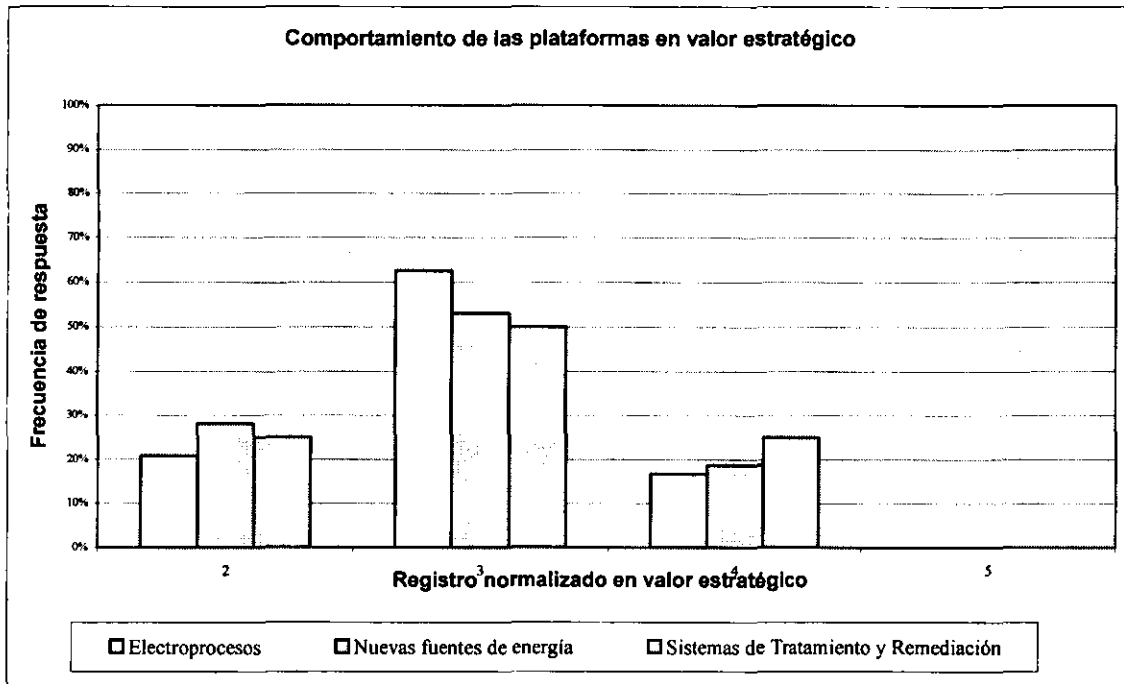
Tabla 5-9 Normalización de pesos que obtuvieron las plataformas con relación al atributo denominado "valor estratégico" por parte de los encuestados.

Pesos/PLATAFORMA	2	3	4	5	< 3	> 3	Diferencia
Bioprocesos	15.63%	46.88%	34.38%	3.13%	84.38%	62.50%	21.88%
Combust. líquidos a partir de gases	25.00%	37.50%	12.50%	25.00%	75.00%	62.50%	12.50%
Electroprocesos	20.83%	62.50%	16.67%	0.00%	79.17%	83.33%	-4.17%
Gasificación	16.67%	33.33%	45.83%	4.17%	83.33%	50.00%	33.33%
Lodos aceitosos(g)	18.75%	50.00%	25.00%	6.25%	81.25%	68.75%	12.50%
Nuevas fuentes de energía	28.13%	53.13%	18.75%	0.00%	71.88%	81.25%	-9.38%
Procesos catalíticos integrados	19.64%	28.57%	39.29%	12.50%	80.36%	48.21%	32.14%
Procesos con Radicales Libres	15.63%	65.63%	18.75%	0.00%	84.38%	81.25%	3.13%
Separación de gases	25.00%	41.67%	25.00%	8.33%	75.00%	66.67%	8.33%
Separación de líquidos	15.63%	53.13%	31.25%	0.00%	84.38%	68.75%	15.63%
Síntesis de productos líquidos	25.00%	25.00%	37.50%	12.50%	75.00%	50.00%	25.00%
Sistemas de Tratamiento y Remediación	25.00%	50.00%	25.00%	0.00%	75.00%	75.00%	0.00%
Tratamientos térmicos	6.25%	62.50%	25.00%	6.25%	93.75%	68.75%	25.00%

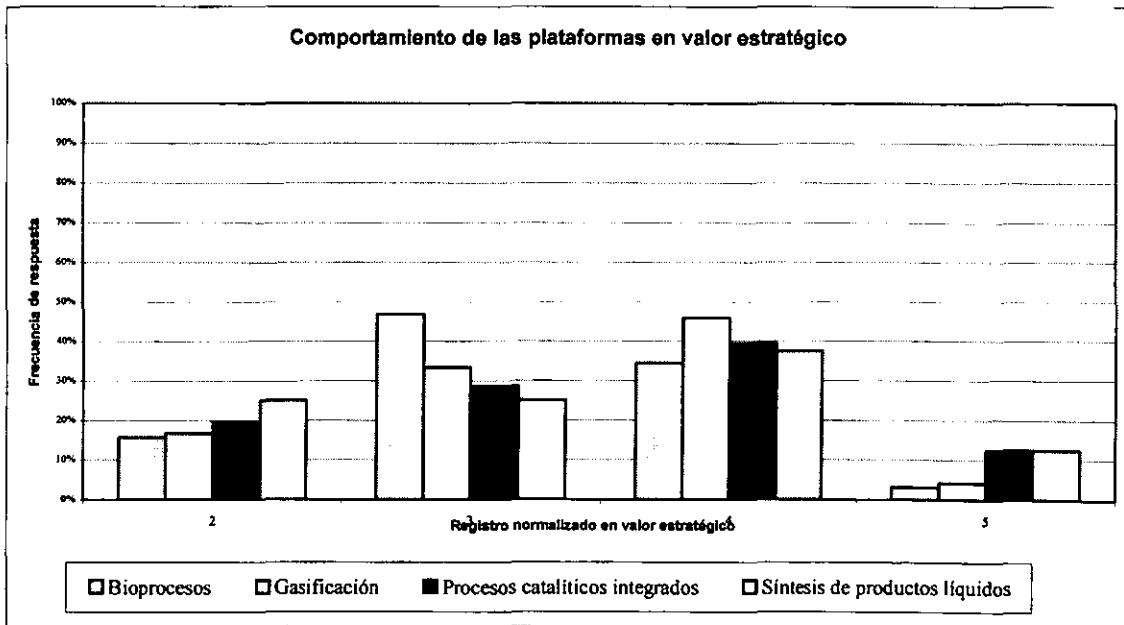
En el Gráfico 5-2 se muestran las plataformas con menor registro respecto a pesos normalizados dentro del atributo "valor estratégico" fueron que son Electro-procesos, Nuevas fuentes de energía y Sistemas de tratamiento y remediación, de lo cual se deduce, que es necesario hacer un análisis de qué está sucediendo con relación a estas áreas o por qué no están haciendo prometedoras.



Gráfica 5- 1 Comportamiento de los pesos que obtuvieron las plataformas con relación al atributo estratégico "valor estratégico"



Gráfica 5- 2 Plataformas tecnológicas con menor registro de pesos normalizados dentro del marco de valor estratégico, es decir, plataformas que tienen menor relevancia dentro de este atributo estratégico.



Gráfica 5-3 Plataforma tecnológicas con mayor peso dentro del atributo “valor estratégico”

Por otra parte, se muestra de manera gráfica a las plataformas tecnológicas que mejor contribuyen en el atributo de valor estratégico, ver gráfica 5- 3.

- Así, pues, el atributo de valor estratégico engloba lo siguiente:
- Que es fuertemente dependiente en:
 - Mejoramiento potencial en el procesamiento de crudos pesados.
 - Alto potencial para mejorar la calidad y el incremento de valor de los productos
 - Gran impacto en beneficios ambientales y otros.
 - Bajos niveles de restricciones en la implementación
 - Moderadamente dependientes en:
 - La naturaleza de I+D es a largo plazo
 - Grandes intereses de intereses externos a la refinación y otros campos

Todo lo anterior, ha sido elaborado también para los seis atributos estratégicos. En la **Tabla 5- 10** se muestran cuatro de éstos con sus respectivas plataformas, así como su clasificación de mayor o menor valor asignados por los encuestados.

Por otra parte, el análisis de resultados fue hecho desde otra perspectiva, de la cual, se desprenden resultados también muy interesantes, ahora el análisis consiste en identificar el comportamiento de las plataformas respecto a las funciones productivas, es decir, qué peso total tiene cada plataforma en términos de cada función tecnológica productivas. La **Tabla 5- 11** muestra los pesos totales que obtuvo cada plataforma con relación a las funciones tecnológicas productivas.

Tabla 5- 10 Plataformas de mayor y menor impacto dentro de cada atributo estratégico

Beneficio Anual	
<i>Mayor valor</i>	<i>Menor valor</i>
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Combustibles líquidos a partir de gases ➤ Procesos catalíticos Integrados 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nuevas fuentes de energía ➤ Separación de gases ➤ Sistemas de tratamiento y remediación ➤ Procesos con radicales libres ➤ Separación de gases
Mínimo costo	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gasificación ➤ Separación de líquidos ➤ Procesos catalíticos integrados ➤ Tratamientos térmicos ➤ Separación de gases 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nuevas fuentes de energía ➤ Procesos con radicales libres
Probabilidad de éxito en I+D	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bioprocesos ➤ Gasificación ➤ Procesos catalíticos integrados ➤ Separación de líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Electro-procesos ➤ Nuevas fuentes de energía ➤ Procesos con radicales libres
Valor estratégico	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bio-procesos ➤ Gasificación ➤ Procesos catalíticos integrados ➤ Síntesis de productos líquidos 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Electro-procesos ➤ Nuevas fuentes de energía ➤ Sistemas de tratamiento y remediación

Tabla 5- 11 Pesos totales de las plataformas tecnológicas sobre las funciones tecnológicas

Funciones tecnológicas /Plataformas Tecnológicas	Procesos catalíticos integrados	Bio-procesos	Separación de líquidos	Separación de gases	Tratamientos térmicos	Electro- procesos	Gasificación	Procesos con Radicales Libres	Nuevas fuentes de energía	Combustibles líquidos a partir de gases	Síntesis de productos líquidos	Lodos aceitosos(g)	Sistemas de Tratamiento y Remedición
Tratamiento front. de crudo	3.13	3.68	2.96		3.88	2.63	3.81	3.19	2.38				
Separación y recuperación	3.77		3.15	3.28					3.31			3.66	
Conversión de residuales	3.35	3.31			3.07		3.01	3.12	2.30				
Remoción de impurezas	2.96	3.65	2.73	3.74		2.63		2.52					
Síntesis de productos líquidos	4.01						3.17			3.92	3.15		
Re-arreglo molecular	3.83												
Ambiental	2.98	3.44	3.38	3.53		2.89		2.70	2.70			3.14	3.08

De la tabla 5- 11 se deduce, por ejemplo, que la plataforma que mayor valor proporciona a la función “tratamiento frontal de crudo” es tratamientos térmicos, le sigue gasificación, y luego bio-procesos, y así sucesivamente, lo cual conduce a cruzar el análisis de atributos estratégicos con relación a este análisis para detectar cuál de ellas proporciona un gran valor, por citar un caso, en mínimo costo, la plataforma “tratamientos térmicos” está catalogada como una plataforma que otorga gran valor en este atributo y al compararla con esta tabla, especifica que lo puede proporcionar en “tratamiento frontal de crudo”. No obstante, para otros casos no es tan claro definir a qué función en específico proporciona el mayor valor; por lo que, es necesario desarrollar otra ronda de encuestas con el fin de filtrar la información hasta obtenerla de manera más consistente.

Capítulo VI Conclusiones y Recomendaciones

6.1 Las previsiones

La innovación, como un generador de riqueza por medio del conocimiento, es un elemento fundamental para propiciar ventajas competitivas a través del desarrollo de nuevos y mejores productos. Sin embargo, en tiempos actuales, la innovación debe darse a través de los requerimientos del mercado y de las tendencias tecnológicas, lo que ha ocasionado que se desarrollen nuevas técnicas para planear, prever e identificar mecanismos eficientes para el desarrollo de las tecnologías.

Las previsiones tecnológicas, dentro de la planeación estratégica tienen un rol importante para la sobrevivencia de los negocios debido al vertiginoso cambio tecnológico que se ha presentado desde los 80. Éstas evitan inversiones sin grandes expectativas; es decir, existen casos en los cuales no deben hacerse asignación de recursos a proyectos poco rentables que no satisfagan las expectativas, lo que puede llevar a pérdidas considerables para la organización. Por otra parte, estimulan la generación de innovaciones de manera ordenada, evitando investigaciones banales a través de la identificación del grado de desarrollo de las tecnologías. De igual manera, permiten reorientar la asignación de recursos a I+D que contribuyan adecuadamente al fortalecimiento de la organización.

Así, pues, para reunir todo lo requerido para prever e innovar, se necesita una estructura lógica, conceptualmente funcional que permita ser la interfaz entre los directivos del negocio, CTO y demás recursos necesarios para competir es la denominada Mapas Tecnológicos.

6.2 El Estado del Arte de MT

Los MT's son el puente entre las grandes decisiones y los proyectos tecnológicos, soportado por las distintas áreas del conocimiento científico afines de resolver determinada necesidad.

Los MT's en gran medida son alimentados por técnicas de planeación participativa; a través del estado del arte elaborado para este trabajo, se identificó el uso de workshops, pronósticos en sus distintas formas tales como extrapolaciones y consulta a expertos, usadas con mas frecuencia estudios Delphi, estudios futuristas y matrices de impactos cruzados, entre otros. La primera aplicación fue registrada en 1975 y comienza a tomar auge hasta 1987 con la divulgación que le dio Motorola a través de los benéficos que habían obtenido al haber puesto en marcha un plan para el desarrollo de esta técnica. La

industria de semiconductores a nivel mundial comenzó hacer uso de la técnica a partir de 1994, desde entonces, anualmente ha publicado su actualización, divulgando ahorros de hasta un 30% de las inversiones que se hacían originalmente. Aún no se sabe si la aplicación de la técnica ya llegó a tomar su mayor auge; sin embargo, en 1998 se aprecia un pico con 28 mapas tecnológicos desarrollado para distintos sectores industriales de clase mundial.

En este estudio, los MT's se clasificaron en dos grupos, para productos y para la mejora de procesos; para el primero, desde 1994 ha tenido un comportamiento más o menos constante, su mayor registro fue en 1999 con 11 mapas; sin embargo, para el segundo caso, el comportamiento ha sido distinto, es hasta 1997 cuando comienza a tomar gran auge, divulgando 18 mapas en 1998, año en que se comenzó a desarrollar este trabajo. Así, pues, con base en la recopilación de dicha información se detectaron algunos documentos que proporcionan información relacionado a la construcción de MT; No obstante, ninguno de ellos presenta una estructura definida, y menos la secuencia de pasos para llevarlo a cabo; por tal motivo, en este trabajo se hizo un primer planteamiento, de cómo estructurar y llevar a cabo un MT.

6.3 Sobre la Propuesta de la Construcción del MT

Bajo el esquema propuesto para la construcción de los MT, es necesario definir una estructura lógica de tareas previas al desarrollo de la técnica, tales como escenarios, inteligencia tecnológica, y cadenas de valor, entre otras que convengan para el correcto desarrollo del trabajo.

Es indispensable delimitar el área o áreas donde se tiene que aplicar la técnica, así como los tiempos en que debe desarrollarse, ya que existen variables que no están bajo control de la organización, tal es el caso de la explotación del conocimiento de expertos pertenecientes de otras instituciones; sin embargo, para tener un control sobre esto, es necesario definir incentivos para los participantes.

Se debe tener totalmente claro si, el desarrollo de la técnica será para generar nuevos productos para el mercado o para la mejora de procesos, lo cual, ambos, conducen a innovaciones.

Cuando se habla de un MT para un proceso productivo, el nivel donde convergen las estrategias del negocio y las tecnológicas se da de manera natural en las funciones tecnológicas productivas del sistema funcional.

Es indispensable definir de antemano cuales son las estrategias del negocio, esto con el objeto de fortalecerlas a través de la retroalimentación del MT específicamente de las funciones tecnológicas que deben activarse con mayor fuerza para definir las tecnologías que proporcionen ventajas competitivas.

Se debe tener clara la secuencia para definir los elementos que integran a los MT's, de lo contrario, puede ocasionar confusión entre los participantes de un MT y llegar a resultados no deseados.

La forma de organizar o plantear el funcionamiento de los componentes tecnológicos es inoperante por la razón que, en cada uno de ellos puede albergar proyectos tecnológicos agrupados en términos de la similitud que tienen con la técnica, lo que ocasiona que no contribuyan fuertemente a las funciones tecnológicas productivas y que contrarreste la efectividad de ellos ante dichas funciones. Sin embargo, los proyectos pueden manejarse fuera de los componentes tecnológicos; es decir, plantear un eslabón más en la estructura del mapa, lo que conduciría al uso de filtros para seleccionar, de toda la cartera de proyectos, en función de la estrategia que sea definida.

En la estructura planteada para desarrollar un MT existe el concepto de *capacidades tecnológicas*; al respecto, no se definió en qué momento ya se deben conocer de manera precisa, o cuándo deben generarse dichas capacidades, lo cual puede solucionarse a través de la generación de una red de colaboración, así como la divulgación de alianzas que tiene la organización con otras instituciones. Otra manera de cómo definir estas capacidades es a través de los requerimientos de los proyectos tecnológicos, bajo una estructura distinta del manejo de los componentes tecnológicos.

Para la ruta completa; es decir, desde el planteamiento de las estrategias de negocio hasta las capacidades tecnológicas no se tiene una forma precisa para validar las más factibles. Sin embargo, la elaboración de otros Workshops, y/o Delphi pueden dar solución al respecto.

6.4 Los Resultados del Workshop

Del taller se obtuvieron resultados interesantes, tales como la selección de las funciones productivas más importantes en cuanto a I+D se refiere, la generación de las plataformas tecnológicas relacionadas al sistema productivo funcional de refinación petrolera, asimismo, se hizo la conceptualización de cada una de ellas. Se definieron los componentes tecnológicos, de los cuales, debido al proceso no se obtuvo la definición de cada uno de ellos, lo que ha generado un poco de dificultad al tiempo de clasificar los proyectos, afortunadamente, se cuenta con la participación de expertos del IMP quienes han hecho la tarea de clasificar la cartera de proyectos. Dicha agrupación de proyectos tecnológicos generados a través de la metodología de tercera generación de Arthur D. Little ha permitido por un lado, identificar las áreas fuertes de refinación y las descuidadas que pudieran generar valor a las estrategias (vacíos tecnológicos).

Debido a la limitación del tiempo, en el taller sólo se realizó la conexión entre las 13 plataformas tecnológicas y 7 funciones tecnológicas productivas del sistema de refinación de petróleo que arrojó un total de 43 relaciones; al respecto, existen funciones productivas con más ligas que otras como es el caso de "procesos ambientales y tratamiento frontal de crudo"; que a su vez, son soportadas por plataformas tecnológicas de gran valor, como es el

es el caso de “procesos catalíticos integrados” seguido por “recuperación y aprovechamiento de subproductos”.

Además, se generaron 53 componentes tecnológicos, algunos de ellos fueron agrupados como conjunto de componentes debido a la afinidad de la técnica, por ejemplo, “desulfurización” que puede darse a través de un proceso aerobio o anaerobio, o como la “biorremediación” la cual puede ser por “tratamiento de agua”, “fitorremediación”, “tratamiento de gases”, y “biorremediación de suelos”. Así, pues, se generaron un total de 66 componentes tecnológicos.

Los componentes tecnológicos, como se ha mencionado, se clasificaron en función del grado de desarrollo que tienen dichas tecnologías, al respecto se identificaron 23 relacionados con tecnologías existentes y actualmente aplicadas al sistema de refinación; 20 tecnologías que están siendo aplicadas en otros sectores distintos a la refinación de petróleo; y se identificaron 10 tecnologías referentes a las que se están desarrollando sin ser aplicadas comercialmente.

Las capacidades tecnológicas quedan pendientes por definirse hasta tener claro los recursos internos y externos con que cuenta la institución para soportar la tecnología de refinación petrolera.

6.5 La Encuesta Tipo Delphi

Para evaluar, consolidar, y ampliar la información obtenida del taller se generó una encuesta tipo Delphi, el cual constó de una sola ronda que proporcionó resultados exclusivamente entre las funciones tecnológicas productivas y las plataformas tecnológicas, identificando en cada una de ellas las que más impactan en las funciones tecnológicas.

Una sola ronda, como encuesta, ha limitado los resultados ya que en la sección de comentarios no se pudo confirmar lo que argumentaron algunos expertos, por ejemplo, se generaron otras aplicaciones dentro de las funciones tecnológicas que no pudieron darse a conocer a otros expertos para validarlas; sin embargo, a través del proceso de convergencia del método pudiera validarse dicha información.

585 preguntas en total, produjeron insatisfacción para los expertos por el consumo de tiempo para su contestación. Se requería de un tiempo aproximado de ocho horas (tiempo corrido).

Se perdió información valiosa debido a que en algunos casos, los expertos hicieron caso omiso a la recomendación de que, después de contestar las preguntas por cada función tecnológica deberían ir guardando sus respuestas. Por lo que se recomienda poner sumo cuidado en la elaboración de la forma de capturar las respuestas de los entrevistados.

Sin embargo, sí se logró definir cuales eran las plataformas tecnológicas más promisorias y las de menor impacto para las funciones tecnológicas, de las cuales se presenta la siguiente tabla donde se muestra el resultado de cada una ellas:

<i>Funciones Tecnológicas/ Plataformas Tecnológicas</i>	Procesos catalíticos integrados	Bio-procesos	Separación de líquidos	Separación de gases	Tratamientos térmicos	Electro- procesos	Gasificación	Procesos con Radicales Libres	Nuevas fuentes de energía	Combustibles líquidos a partir de gases	Síntesis de productos líquidos	Lodos aceitosos(g)	Sistemas de Tratamiento y Remediación
Tratamiento front. de crudo	3.13	3.68	2.96		3.88	2.63	3.81	3.19	2.38				
Separación y recuperación	3.77		3.15	3.28					3.31			3.66	
Conversión de residuales	3.35	3.31			3.07		3.01	3.12	2.30				
Remoción de impurezas	2.96	3.65	2.73	3.74		2.63		2.52					
Síntesis de productos líquidos	4.01						3.17			3.92	3.15		
Re-arreglo molecular	3.83												
Ambiental	2.98	3.44	3.38	3.53		2.89		2.70	2.70			3.14	3.08

Es decir, que para “Tratamiento frontal de crudo” del total de plataformas que se definieron en el taller como soportes a ésta, fue “Tratamientos térmicos” con un peso de 3.88 en una escala de uno a cinco, seguida de “Gasificación con un peso de 3.81.

Para la función “Separación y recuperación” la que mayor valor genera a ésta, es la plataforma de “Procesos catalíticos integrados” con un peso de 3.77.

De todas las plataformas tecnológicas analizadas, la que alcanzó mayor registro en este estudio fue la de “Procesos catalíticos integrados” con un peso de 4.01 para “Síntesis de productos líquidos”. Lo que corrobora los comentarios que se suscitaron en el taller donde se citaba a esta plataforma (Procesos catalíticos integrados) como una de las más importantes que pudiera generar una ventaja tecnológica competitiva en un sistema de refinación petrolera.

A n e x o s

Anexo A

Trabajos y Resultados de Mapas Tecnológicos

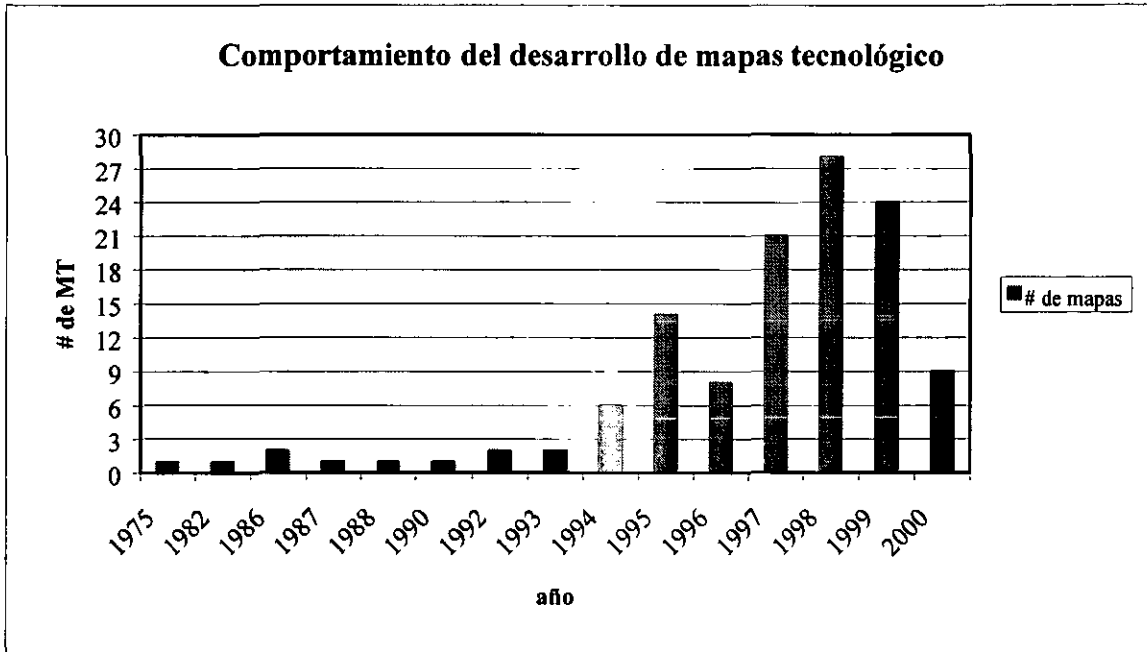
Motorola, una de las empresas líder en el ramo de la electrónica, se ha preocupado por la búsqueda de nuevas técnicas para planear de manera estratégica los programas de tecnología que respalden a sus productos actuales y futuros. A mediados de los ochenta esta empresa puso en práctica un concepto que se utilizó por vez primera en 1975 para el desarrollo de tecnologías con el fin producir sal de uso doméstico, documento publicado por US Energy Research and Development Administration. Sin embargo, es hasta 1986 cuando aparecen publicados dos documentos relacionados con MT uno para comunicación de datos para sistemas vehiculares y otro para viajes supersónicos, publicados por SAE y IEE respectivamente.

No obstante, Motorola publicó un documento en el cual establece, por primera vez, que elementos que usó para generar un MT; al respecto, los dividió en dos tipos y les llamó MT para productos y Mapas de Tecnología Emergente (MTE) (Emerging Technology Roadmap). El Mapa que publicó Motorola hizo gran énfasis en el Mapa Tecnológico para Producto apoyado en la matriz denominada "Competidor/Tecnologías" con el fin de analizar su posición tecnológica con respecto a otras corporaciones del mismo sector y definir los tipos de productos que debía mejorar para satisfacer al mercado como es el caso de las grabadoras de aluminio y grabadoras de silicón entre otras, además, sirvió para seleccionar la tecnología que se debería usar, así como el tiempo en que éstas serían desarrolladas y aplicadas, manejando un lapso de 5 años. Además, hizo un análisis de otras organizaciones respecto a su comportamiento en el pasado y sus posibles tendencias y las comparó con ella. También utilizó la matriz tecnológica para mostrar una nueva generación de futuros productos que serían aceptados por el mercado y las tecnologías necesarias para desarrollarlos, los productos definidos fueron "los receptores" (punto de partida) posteriormente se plantearon características tales como un simple estéreo hasta culminar con la proyección de futura generación para "mapa localizador".

De 1988 a 1993 sólo se generaron seis documentos de MT aplicados al sector aeroespacial, aviación superconductividad y óptica. Al respecto, en la Gráfica a- 1 se puede observar el comportamiento desde 1975 a la fecha. En 1993, la técnica comienza a ser usada de manera más amplia, propiciada por la industria de los semiconductores por SIA (Semiconductory Industry Association), Estado Unidos, con la finalidad de obtener nuevos materiales, nuevos procesos y tecnologías para mejorar dicho sector (Roberson 1993).

Desde 1994, SIA tomó como base para el desarrollo tecnológico al Mapa tecnológico para semiconductores (Technology Roadmap for Semiconductors) que ocasiono, que se estén desarrollando productos (sólo publicados) aproximadamente 135, de los cuales están relacionados con microprocesadores con capacidad de 1 GHz, así como memoria DRAM con capacidad de 64 Gbit con proyección al 2010. Obviamente, en este MT han participado organizaciones tales como Semiconductor Research Corp., Semiconductor Industry Association, Intel, Motorola, NEC, y Toshiba America, entre muchas otras. También en ese año fue publicado un documento sobre trayectorias tecnológicas y estrategias (Chanaron Jaques 1995). Otro documento de gran

importancia en descripción del uso de la técnica fue el denominado “Previsión tecnológica usando mapas” (Barker, 1995), este trabajo fue desarrollado para British Petroleum con el fin de mejorar y/o encontrar nuevas tecnologías que sustenten su proceso productivo.



Gráfica a- 1 Comportamiento del uso de los MT desde 1975 a la fecha

En 1996, se desarrollaron ocho MT aplicados al campo de la electrónica, la aviación, semiconductores y otras, como fue el caso de Canadá a través del Instituto de Ingeniería Forestal de Canadá que desarrollaron un “Mapa Tecnológico para las Operaciones Forestales”¹ de ese país.

Otro sector que comienza a hacer uso de la técnica de MT es la del hierro y el acero con la finalidad de mejorar sus procesos de producción a través de elevar los niveles calidad (New Steel, Apr97); HP-Infomix acordó extenderse a través de un posicionamiento de largo plazo con relación al desarrollo de productos para el manejo de información que abarca imágenes, mapas, sonido, video entre otros particularmente multimedia para el World Wide Web. (Electronic News, 97). Esto sucedió en 1997, el siguiente trabajo fue también desarrollado en ese año; que consistió en el desarrollo de material cerámico dentro de la industria de la electrónica (Ceramic Interconnect Initiative (CII), 97). La investigación prioritaria fue categorizada en cuatro áreas: mejoramiento de tecnología de procesos, desarrollo de productos, procesos de reciclaje, y protección ambiental; para estos tópicos se identificaron oportunidades futuras, así como las barreras y los requerimientos tecnológicos para obtener una ventaja competitiva a mediano y largo plazo (Sheridan, 1997). Para 1997 el uso de los MT comienza a tomar fuerza en su aplicación. En este periodo se presentaron en la literatura especializada aproximadamente 21 artículos, la mayoría de ellos desarrollados en torno a los temas antes mencionados, uno de ellos de gran importancia, por su característica de describir la forma de cómo aplicó el MT relacionado a nuevos y mejores productos

¹ <http://strategis.ic.gc.ca/SSG/fb01037e.html>

desarrollado por Philips "Roadmapping Integrates Business and Technology" (Groelvelde, 1997). En la Tabla a- 1 se muestra el total de sectores donde se han aplicado los MT desde su aparición de la técnica.

Tabla a- 1 Sectores industriales donde se ha aplicado la técnica de MT

Sector	N° de doc. Desarrollados	Sector	N° de doc. Desarrollados	Sector	N° de doc. desarrollados
Electrónica	19	Economía en internet	2	Fibra óptica	1
Semiconductores	17	Silicio	2	Electroscopía	1
Metodología	7	Óptica	2	Control	1
aeroespacial	7	Comunicación aeroespacial	2	Construcción	1
Electricidad	6	Aluminio	2	conceptos de mapas	1
Comunicaciones	6	Textiles	1	Computo	1
Acero	6	Superconductividad	1	Catálisis	1
Aviación	5	Sal	1	Agricultura	1
Optoelectrónica	5	Educación	1		
Software	4	Robótica	1		
Vehículos	3	Rayos X	1		
Química	2	Óptica	1		
Petróleo	2	Madera	1		
Medicina	2	Imágenes	1		
Vidrio	2	Fluidos	1		

Para 1998, se identificaron 28 documentos relacionados con MT, de igual manera con respecto a los años anteriores, relacionados con la industria electrónica, en específico con los semiconductores, que para este año usaron la técnica Fujitsu, Hitachi, Matsushita, Mitsubishi, NEC, Oki, Sanyo, Sharp, Sony y Toshiba, todas ellas pertenecientes a la asociación de la industria electrónica japonesa, (EIAJ) por su siglas en inglés. Además, el sector eléctrico a través del Instituto de Investigación de Energía Eléctrica en los E.U. (EPRI) (Kurt, 1998) comienza a hacer uso de los MT con la finalidad de desarrollar nuevas fuentes de energía eléctrica para el nuevo siglo. Para la industria del colado de metales se desarrolló un mapa para definir las tecnologías y los portafolios de investigación en torno a las estrategias y saltar las barreras que obstruyan el camino hacia el año 2000 (Foundry Management & Technology, Oct98, Vol. 126), el objetivo principal fue la investigación y desarrollo de productos y procesos que proporcionaran características de alta calidad y valor en el vaciado de metales; se detectaron trabajos relacionados a la contaminación y la mitigación de los desechos de la industria de semiconductores (McAndrew, 1998); otro documento que se ha venido mencionando en todos estos años es el mapa tecnológico internacional de SIA, donde participaron, para este año, países como: Japón, Korea, Taiwán y Europa (DeTar, Jim, 1998). Otra área de la electrónica que se comenzó a integrar al uso de la técnica fue del desarrollo y/o mejoramiento de Lenguaje de modelado virtual real (MVRL) con participación de: Apple Computer Inc., Intel Corp., Sony Corp. and Oracle Corp. (: VARBusiness, 03/30/98, Vol. 14 Issue 7, p39, 1/9p).

En el año de 1999, la Asociación Industrial de Semiconductores (SIA) a través de su mapa tecnológico internacional planteó desarrollar dentro de las capacidades de cómputo lo siguiente: una velocidad de procesamiento en las computadoras de 1 GHz

para en año 2000 y llegar a 3.6 GHz para el año 2014. Los microprocesadores serán programados para tener mas de 400 millones de transistores por cm^2 en áreas de silicón (Robertson, 1999). Por otra parte, los mapas son utilizados también por FICA, que es la asociación industrial para canales de fibra; en este año se detectaron 24 documentos referentes a la técnica.

Cabe señalar, del tiempo que ha transcurrido del año 2000 se han publicado nueve artículos relacionados con MT. Es importante señalar que desde 1975 a la fecha existen publicados, aproximadamente 121 documentos.

También se puede observar en la gráfica 3- 1 que el despegue potencial de la técnica comienza a ser a partir de 1995, sin duda, no se puede considerar si la técnica ya tuvo su mayor auge debido al comportamiento de la curva, sin embargo, sí puede definirse que la aplicación está en crecimiento en función de los grandes resultados y satisfacciones que está generando en los sectores que la están aplicando, por ejemplo SIA ha tenido beneficios con respecto a sus inversiones, ahorrando desde un 25 a 30% a nivel mundial (SIA, Semiconductor Industry Associations, 1999). Los sectores que han sido beneficiados por la técnica son: El sector Eléctrico en los Estado Unidos, identificando nuevas fuentes alternas de generación de energía eléctrica; por otra parte, es impactante la cantidad de mapas que ha generado la industria de los semiconductores a nivel mundial con el fin de buscar nuevos materiales para su desarrollo así como las tecnologías y la cogeneración de estas en distintas aplicaciones; Canadá a través del Instituto de Ingeniería Forestal de ese país ha tenido mucho éxito en el ramo con el fin de dirigir fuerzas y desarrollo de tecnologías para explotar adecuadamente sus recursos naturales como es la obtención de madera y sus derivados a través de la mínima alteración del medio ambiente, obviamente, esto con base en el desarrollo tecnológico.

Anexo B

Sistemas Productivos

Un sistema productivo se define como “aquellos medios a través de los cuales se transforman insumos para tener productos y servicios útiles como resultado” (Buffa, 1996). Los elementos que se analizan en una transformación dentro de un sistema productivo son los que se muestran en la Fig. b- 1. La secuencia lógica y ordenada de insumo-conversión-producto es la manera más amplia de ver este concepto.

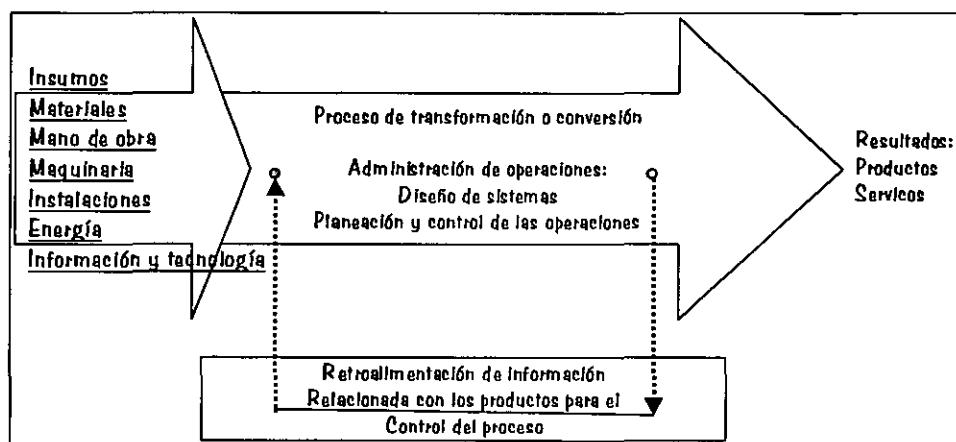


Fig. b-1 Esquema de un Sistema Productivo Funcional que representa las distintas actividades para transformar la materia prima con base en determinadas tecnologías y servicios para obtener los productos y sus desechos renovables y no renovables.

Los insumos pueden adoptar una gran variedad de formas, por ejemplo en las operaciones de manufactura, los insumos son las distintas materias primas, la energía, la mano de obra, la maquinaria, las instalaciones, la información y la tecnología. En los sistemas orientado a servicios es probable que estén dominados por la mano de obra, cada uno de ellos tiene sus propias características distintas a los servicios de salud, de educación, de alimentos etc. En la **Tabla b- 1** se resumen las características de insumo-conversión-producto de varios sectores productivos.

Tabla. b- 1 Características de insumo-conversión-producto de los sistemas productivos.

Sistema productivo	Insumos	Conversión	Resultados
Hospital	Pacientes	Salud	Pacientes curados
Fábrica automotriz	Materias primas	Fabricación y ensambla de automóviles	Automóviles
Refinación de petróleo	Petróleo crudo	Proceso químicos	Gasolina, aceite, plásticos, etc.
Línea aérea	Aviones, pilotos, asistentes de vuelo, suministros, clientes, etc.	Transporte aéreo	Clientes transportados a sus destinos
Institución de seguridad social	Derechohabientes	Sistemas para validar la elegibilidad y procesar los	Una medida de la seguridad económica

		beneficios	de las personas jubiladas.
--	--	------------	----------------------------

Además es necesario diferenciar que existen dos tipos de sistemas productivos uno enfocado al proceso, y el otro enfocado al producto (Buffa, 1996). El sistema enfocado al proceso denominado también proceso intermitente (Davis, 1995) es denominado así por sus características de flexibilidad del producto con capacidad de producirlos de acuerdo a las especificaciones del consumidor o clientes específicos. El sistema enfocado al producto es para elaborar productos estandarizados en elevados volúmenes como es el caso de la fabricación y ensamblaje de vehículos. Debido a los requisitos de altos volumen de dichos sistemas, puede justificarse la presencia de equipo especial de procesamiento y de sistemas productivos enteramente dedicados como una estrategia para el sistema productivo. El procesamiento está completamente adaptado al producto. Los procesos individuales están acomodados físicamente en la secuencia requerida y todo el sistema está adaptado para un solo fin, por tal razón también es denominado proceso continuo (Idem).

Anexo C

Las principales modalidades de cooperación

Las distintas modalidades que se pueden presentar para la cooperación de carácter tecnológico entre las empresas son los que se muestran en la **Tabla c- 1**

De acuerdo a la clasificación de Fernández, distingue tres niveles: tecnología, producción y marketing y dos dimensiones: la vertical y la horizontal. El primer nivel hace referencia sobre todo a cuestiones de suministro y distribución. Para el segundo nivel, el número de opciones es mucho más amplio, ver **Tabla c- 2** (Fernández, 1996), estos tipos de cooperación y alianzas los que han crecido en los últimos años.

Tabla c- 1 Posibles campos para la cooperación de carácter tecnológico.

Investigación y desarrollo (I+D)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Investigación básica ✓ Investigación aplicada ✓ Desarrollo tecnológico
Intercambios tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Licencias ✓ Patentes ✓ Know-how ✓ Cambio de información ✓ Asistencia técnica
Normalización tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fijación de normas y estándares
Fabricación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fabricación ✓ Producción de servicios ✓ Suministro de determinados productos

Tabla c- 2 Clasificación de las alianzas según su naturaleza y campo de aplicación

Alianza	Tecnología	Producción	Marketing
Verticales	Suministro de tecnología. Acuerdos universidad- empresa	Suministro industrial	Compra exclusiva.- Distribución única Distribución exclusiva Distribución selectiva Asociación con clientes
Horizontales (competitivo)	Laboratorios Conjuntos Compartir tecnología	Economía de escala Especialización Compartir recursos Limitar la producción	Unir recursos Expandir la demanda Suministro recíproco (servicio post-venta) Compartir marcas Venta común No competir
Horizontales (complementario)	Intercambio de tecnología Licencias cruzadas	Proyecto conjunto	Comercialización conjunta Asociación para vender Servicios reales

Las distintas modalidades de las cooperaciones se pueden dar a través de redes, clusters, y networking relacionadas al tema de empresas virtuales, siendo estas formales e informales que se generan con relación a vínculos entre empresas de distintos tipos, organizaciones de investigación y empresas, y entre centros de apoyo y universidades. Las ventajas que muestran este tipo de cooperaciones son:

- ✓ Obtener información a través de los contactos personales
- ✓ Por falta de recursos, con frecuencia no se pueden organizar sistemática formas de vigilancia y seguimiento de la evolución de los mercados y las tecnologías, las redes ayudan a cubrir este deficit.

Las redes ayudan a comprender el entorno socioeconómico y por tanto, a estar preparadas para hacer frente a los cambios que puedan acontecer.

Los tipos de redes que se distinguen son los siguientes:

- ✓ Informales y con relación al mercado: proveedores, partners, clientes
- ✓ Redes de producción: subcontratistas, bancos, consultores de servicio, empresas externas de mantenimiento.

Redes de transferencia de información y resultados de investigación, en las cuales participan organizaciones de investigación, de formación, y asociaciones empresariales

Anexo D

Función de despliegue para la calidad (QFD)

El proceso de QFD empieza con la definición del objetivo del análisis a partir del cual se busca identificar los atributos requeridos por el cliente y definir qué se requiere al lograr las cuatro fases a través de los cuatro pasos siguientes.

Se determinan los primeros requerimientos por el cliente con características técnicas del producto, lo cual da como resultado la definición de especificaciones de diseño.

1. En esta fase se realiza la evaluación y comparación de las especificaciones de diseño contra las componentes principales del producto. (fase de diseño a detalle), resultando las especificaciones del producto.
2. Las especificaciones del producto o de sus principales elementos con las principales características del proceso dan como resultado las especificaciones del proceso.
3. Y así al hacer la relación entre las características de la producción y las especificaciones del proceso dan como resultado las especificaciones de la producción.

Las cuatro fases se pueden mostrar de manera clara en la Fig. 1 en la cual se describe lo que se analiza de la fase del proceso y lo que se obtiene de él. Esta figura muestra las principales etapas de la metodología QFD. El elemento central es la elaboración de la matriz requerimientos del cliente – requerimientos del producto, que transforman las opiniones de los consumidores, debidamente ponderadas, en especificaciones técnicas, y define así al producto, que transforman las opiniones de los consumidores, debidamente ponderadas.

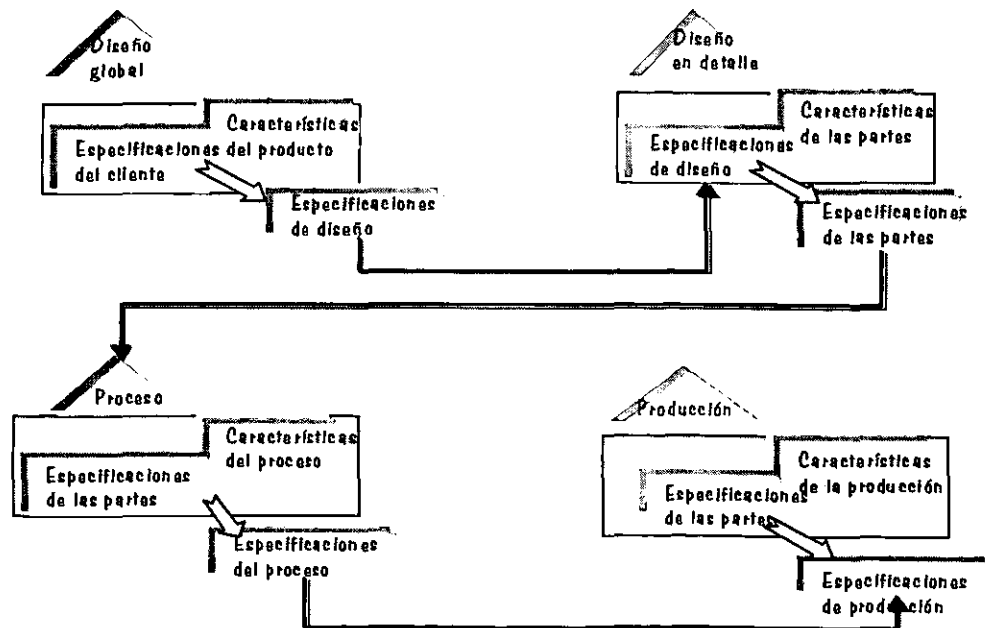


Fig. 3- 6 Las cuatro fases para QFD

Anexo E

Comparativa de los modelos más relevantes de Mapas Tecnológicos tanto para productos como para procesos.

Corporación	Objetivos	Denominación del mapa	Características	Documentos o Herramientas usadas
Motorola	Desarrollo de un plan estratégico para productos	Mapa tecnológico para producto	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Proporciona una descripción de la línea de productos, considerando el pasado, presente y futuro, ya sea de una división o grupo de operaciones ✓ Incrementa el uso estructurado de herramientas de planeación de la tecnología ✓ Define las capacidades tecnológicas en el contexto del mercado, competidores y sus desempeños históricos ✓ Proporciona información útil en las operaciones de cada negocio. ✓ Lapso de desarrollo tres años 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Descripción del negocio que incluye la descripción del negocio, estrategias, mercado de interés, historia de ventas y pronósticos, ciclo de vida del producto, plan del producto, curva d experiencia, competidores. ✓ Pronósticos tecnológicos ✓ Matriz del mapa tecnológico ✓ Calidad del producto. ✓ Asignación de recursos ✓ Análisis del portafolio de patentes. ✓ Descripción del producto
		Mapa para tecnologías emergentes	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evaluación objetiva de las capacidades tecnológicas de la corporación (diagnóstico) ✓ Compara las capacidades de la compañía respecto a los competidores (presente y fut). ✓ Pronostica el desarrollo de las tecnologías <p>Se desarrolla en un lapso de tiempo de ocho años</p>	Documentos similares al mapa para producto sólo que este es hacia el desarrollo y aplicación de una sola tecnología.

<p>British Petroleum</p>	<p>Definir los requerimientos de Investigación, Desarrollo e Ingeniería así como los responsables de la tecnología (desarrolladores e implementadores), prioridades, y recursos.</p> <p>Analizar las estrategias del negocio, incluyendo visión-misión y las metas estratégicas.</p> <p>Definir los programas de I+D que apuntalen y habiten las metas comerciales</p>	<p>Mapa para la previsión de tecnologías</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Intenta capturar las partes esenciales de las necesidades técnicas del negocio. ✓ Presenta los resultados de manera visual en forma de mapa. ✓ Compara, mezcla y sintetiza los distintos puntos de vista del estaff para obtener un coherente conjunto de resultados 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estrategia de negocio ✓ Definición de los factores claves de éxito ✓ Temas de negocio y necesidades técnicas tales como focos de inversión, operaciones competitivas, desarrollo de productos, y seguridad y ambiental. ✓ Programas de I+D a través de bases científicas y núcleos tecnológicos.
--------------------------	--	--	--	---

Corporación	Objetivos	Denominación del mapa	Características	Documentos o Herramientas usadas
Philips Electronics	Mejorar la integración de negocios, las estrategias tecnológicas y la creación de procesos y/o mejoramiento de procesos para la generación de productos. Satisfacer mejor y mayores demandas de los clientes.	<p>Mapa para sistemas</p> <p>Mapas para un rango de productos genérico (10 años)</p> <p>Mapa para un proyecto individual</p> <p>Mapa para desarrollo de componentes de un producto (3 a 4 años)</p> <p>Mapas para procesos de producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparte la tecnología con los productos estratégicos ✓ Contribuye a la integración de negocios y las tecnologías. ✓ Define las estrategias tecnológicas para definir la integración del producto con las tecnologías actuales consideradas en el corto y largo plazo. ✓ La integración de los proyectos ayudan a definir las capacidades tecnológicas ✓ Define el ciclo de vida del producto (tres a cuatro años) ✓ Es un proceso continuo ✓ Define el área en dónde se va a aplicar con base en cuestionarse qué es lo que se quiere mejorar, para qué tipo de producto o proceso se necesitan los mapas, cuál será el proceso de organización del mapeo, cómo se debe asegurar el seguimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se desarrolla a través de Workshop ✓ La estructura que se usa para un construir un mapa se muestra en la fig e-1 ✓ Uso de la herramienta QFD ✓ Análisis de portafolios ✓ Análisis DAFO ✓ Matrices de innovación. ✓ Desarrollo de escenarios

Pere Escora Catell	Identificar tecnologías emergentes	Mapas tecnológicos para identificar tecnologías emergentes y nuevas oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Con el uso de bases de datos se identifican cluster para definir las tendencias tecnológicas. ✓ Muestra los resultados de manera gráfica ✓ Identifica cómo evolucionará la tecnología a lo largo del tiempo. 	Bases de datos en CD o internet. Indicadores Bibliométricos en función de coocurrencia de palabras, y las cocitaciones (palabras similares) para identificar nuevos temas sobre los que se trabaja.
-----------------------	------------------------------------	---	--	--

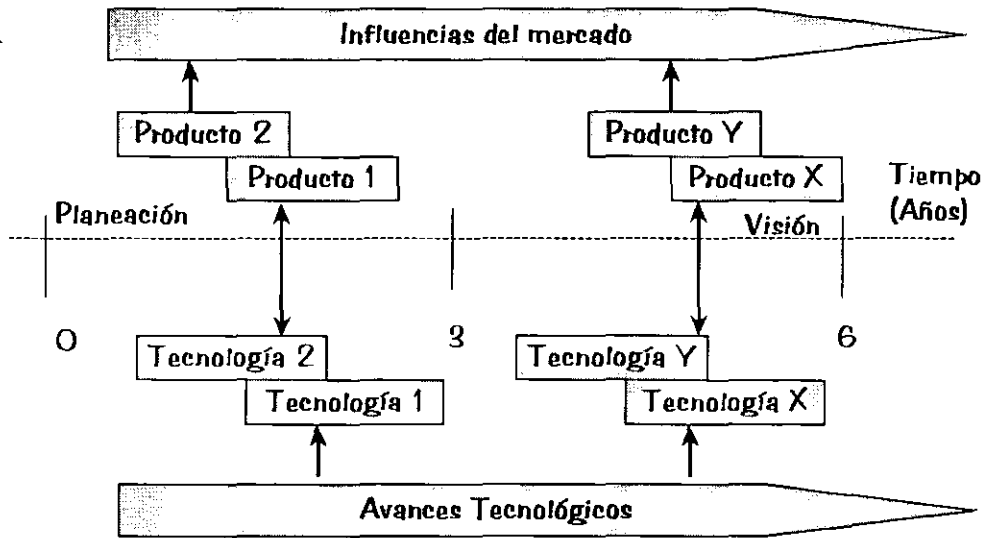


Fig. e-1 Construcción de un mapa para producto-tecnología que considera simultáneamente la influencia del mercado, los avances tecnológicos y la continua interacción entre esto (Fuente Groenveld, 199).

Anexo F “Escenarios”

Optimización global de refinación

Para Pemex-Refinación, la optimización constituye una acción estratégica fundamental para la subsidiaria. Esta consiste en planificar todas las operaciones de la empresa en forma tal que se minimice el costo de suministro de los diversos petrolíferos y se maximice la eficiencia operativa y las ganancias.

El objetivo es evitar una mala decisión operativa que afecte los márgenes potenciales de rentabilidad. Es decir, mejorar el desempeño con que las operaciones de producción en las plantas se lleve a cabo incorporando las operaciones de distribución y comercialización de los productos. Algunos de los aspectos que se contemplan dentro de ésta son: prácticas operativas, integración de procesos, integración energética, desempeño operativo de ductos e integración logística de productos.

La optimización de las actividades logísticas de la empresa se analizó detectando brechas en donde podría haber beneficios significativos, específicamente:

Asignación de volumen y tipo de crudo a procesar en cada refinería.

Rendimientos factibles de cada refinería.

Logística de distribución a los centros de consumo.

Nivel de importaciones y exportaciones de productos.

Como resultado de ello, se elaboraron programas mensuales, trimestrales y anuales de producción, los cuales representan el marco de referencia para todo el Sistema Nacional de Refinerías. La idea es que los programas operativos se aprueban en términos de los resultados de operación y no de la máxima capacidad de la producción individual de las diferentes refinerías. Con ello la planeación se lleva a cabo con base en los márgenes de refinación y consecuente de los beneficios económicos.

De esta manera, se determina un cierto nivel de importaciones y exportaciones conforme a los planes de producción, reduciendo los costos al evitar compras en el mercado spot, así como determinar los centros de consumo que es mejor abastecer a través de importaciones.

Dentro del Sistema Nacional de Refinación (SNR) las prácticas operativas han mejorado sensiblemente en los dos últimos años. En 1995, como una de las iniciativas estratégicas del Plan de Negocios se propuso el “Programa de Mejoramiento de Desempeño Operativo” (MDO). Ahí se identificaron brechas al comparar el SNR con índices de referencia de las refinerías en la Costa Norteamericana del Golfo de México (CNGM) desconectando las ventajas estructurales del SNR.

El MDO fue implementado entre noviembre de 1996 y octubre de 1997, sin embargo la mejora de la eficiencia no sólo se debe a mejoras técnicas sino también a un programa de capacitación, adiestramiento y selección del personal. Los beneficios obtenidos por el PMDO en 1997 fueron de 32 millones de dólares anuales, cifra superior en 9 millones de dólares a los calculados dentro el Plan de Negocio.

Capacidad de procesamiento de crudo pesado

La capacidad de procesamiento de crudos pesados se refiere a la posibilidad del Sistema Nacional de Refinería para aumentar la cantidad de crudo Maya o pesado procesado en las

unidades de destilación atmosférica y de alto vacío. Esto requiere tener equipos con la metalurgia adecuada, contar con la capacidad efectuada de precalentamiento y bombeo, eliminar cuellos de botella (Ej. Ensuciamiento y taponamiento de los intercambiadores, etc.) y adecuar las operaciones de las unidades de vacío.

También se refiere a la posibilidad de tratamiento y conversión de los residuos de vacío resultantes de destilar altos porcentajes de crudo Maya. Esto requiere unidades nuevas o mejoradas de desmetalización, hidrotatamiento, craqueo catalítico, coquización, etc., capaces de transformar el residuo en productos de alta calidad con mejores rendimientos de ligeros. Sin embargo, los obstáculos para procesar los no son sólo de tipo tecnológico sino también de tipo económico (fuera del alcance de la tesis).

En refinación, Pemex-Refinación es la octava empresa a nivel mundial, La capacidad de destilación atmosférica es de 1 520 mil barriles diarios (mbd), mientras que la capacidad de destilación al vacío es de 760 mbd.

Durante 1997 se procesaron un promedio de 1 243 mbd de mezcla de crudo, de los cuales el crudo maya o pesado representó 36.4% de mezcla. El porcentaje máximo de crudo Maya en la mezcla fue procesado en las refinerías de Cadereyta y Salina Cruz con 37.6 y 35.5 %, respectivamente.

Las condiciones actuales de las unidades de destilación primaria y de alto vacío no permiten incorporar a las mezclas de proceso crudo Maya en cantidades superficiales al 35 – 40% de la capacidad de diseño. Además de la inadecuada metalurgia de algunos equipos, se presentarían diferentes problemas operativos: desbalances térmicos en el precalentamiento, taponamiento en intercambiadores de calor, insuficiente capacidad de bombeo, mayores porcentaje de azufre en los productos, etc.

Por lo tanto, se estima la capacidad actual de procesamiento de crudo pesado en un máximo de 500 mbd. Actualmente, se contempla incrementar esta capacidad al aumentar el porcentaje de crudo maya en la mezcla hasta alcanzar un promedio de 55-60% del total de la mezcla de proceso en el 2005; es decir alrededor de 780 mbd de crudo Maya.

Esta nueva capacidad de procesamiento de crudo pesado se obtendrá de proyectos que se encuentren actualmente en construcción e implementación y a inversiones planeadas a realizarse en el período de 1998 – 2005. Las acciones a realizar contemplan el rediseño de la metalurgia de las unidades de destilación, mejorar las unidades de destilación, mejorar la operación de las unidades de destilación al vacío, rediseñar las áreas de precalentamiento, calentamiento y bombeo y aumentar la capacidad de hidrotatamiento y conversión de residuales.

La capacidad de procesamiento de crudo Maya debe aumentar si se quiere cumplir con la expectativa de cubrir la demanda doméstica de combustibles en cantidad y calidad sin recurrir a las importaciones más que como ventaja logística.

La posibilidad de inversión en nuevos trenes de destilación o en nuevas unidades de craqueo no se descartan, pero es un escenario de menor probabilidad ya que en él, Pemex-refinación tendría que realizar importantes inversiones. Pero con ello tal vez tendría la posibilidad de establecer una estrategia de participación en los mercados internacionales de combustibles.

La probabilidad de que se puedan realizar modificaciones operativas y la conversión de unidades ya existentes para poder cubrir la demanda doméstica es muy factible.

Futuros alternativos

Los estados futuros alternativos describen la capacidad del SNR para procesar crudos pesados en el 2008 con referencia a la situación ACTUAL. Por ello, los estados son “mucho mayor” capacidad de procesamiento de crudos pesados con probabilidad de 30%; “mayor” capacidad de procesamiento de crudos pesados con probabilidad de 50% y el estado “misma” es una capacidad alrededor de la actual de probabilidad de 20%.

El estado más alto, “mucho mayor” se refiere a contar con una capacidad de proceso mayor a 800 mbd de crudos pesados ya sea a través de incorporar mezclas de proceso con porcentajes mayores a 70% de crudos pesados y/o a expandir la capacidad de procesamiento global añadiendo nuevos trenes de destilación ya sea en el SNR o a través de alianzas con refinerías del exterior.

El estado intermedio “mayor”, se refiere a tener la capacidad adicional planeada actualmente, es decir procesar entre 600 y 780 mbd de crudos pesados por parte de Pemex-Refinación. El estado menor, “misma”, se refiere a una capacidad de procesamiento que se ubique entre 500 600 mbd de crudos pesados procesados por la empresa.

Tecnología de procesamiento de crudos pesados

El crudo pesado (<27° API) es el tipo de petróleo que Pemex Exploración y producción (PEP) en mayor cantidad, proviene principalmente de la zona marina (ej. Cantarell), aunque también existen campos productores en la zona norte (Pánuco) y en la Zona Sur. El crudo pesado o tipo Maya (una mezcla de varios crudos, en su mayoría crudos pesados) es el de mayor abundamiento con una representación (1994) 65% del total disponible.

Durante el plan de negocios de PEP se contempla en los próximos años una producción creciente de aceites pesados, principalmente de la Zona de la Marina. La mayor disponibilidad de estos crudos y la necesidad de combustibles “más limpios” representan las tendencias a nivel mundial. El crudo para proceso que Pemex-Refinación recibe en mezclado por PEP según las especificaciones dadas por Pemex-Refinación; sin embargo, las características del crudo varían dependiendo de la región y de los aceites disponibles.

Actualmente el Sistema Nacional de Refinación (SNR) procesa en promedio, una mezcla de aceites que equivalen a 35 – 40% de crudo pesado (Maya) y 60 – 65% de crudo ligero (Itsmo, <27-28° API). Dentro del esquema de planeación, en un futuro próximo se espera procesar una mezcla de aceites equivalentes a 55 – 60% de crudo pesado y 40 – 45% de crudo ligero.

El crudo Maya, para fines de exportación, tienen las siguientes características generales: 23° API azufre 3-4% en peso, carbón residual 9.7% en peso. Debido a ello, presenta diversos problemas en su procesamiento.

Es de especial atención, el residuo de la destilación al vacío de crudos pesados mexicanos ya que contiene altas concentraciones de azufre (5 – 6% en peso), elevada cantidad de metales (Ni + V, 800 – 900 ppm) y un alto contenido de carbono (índice de Condensado, 30 40 en peso); para poder procesarlo se requiere reducir los metales y en algunos casos, una premezcla del residuo con gasóleos de vacío para reducir el contenido de carbono.

Pemex-refinación ha identificado varios retos operativos y tecnológicos dentro del SNR para procesar mayores cantidades de crudo pesado:

a) Los retos operativos (tabla 1) son eliminar “cuellos de botella”, aplicar prácticas operativas y mejoras tecnológicas de procesos existentes. En el último punto, de

acuerdo a Pemex-Refinación, los costos son altos en comparación con los beneficios obtenidos además de que los equipos tienen un límite operativo.

- b) Los retos tecnológicos (Tabla 2) son aumentar la capacidad de conversión profunda y desintegración de residuales, es decir, menor producción de combustóleo y asfaltos y mejores rendimientos de productos ligeros.

Tabla 1
Retos operativos de Pemex Refinación

<i>Proceso</i>	<i>Modificaciones en el SNR</i>	<i>Ventajas</i>
Desalado	Mayor eficiencia en el proceso	Reducir la corrosión por cloruros
Mezclado	Mezcladores estáticos en línea Evitar mezclas crudos de diferentes tipos de almacenamiento Mezcladores de ángulo variable en tanque	Garantizar mezclas homogéneas Estabilidad en el proceso Control adecuado de las condiciones de entrada
Destilación atmosférica y de vacío	Reemplazo de tubería, cambio de metalurgia y recubrimiento del domo y fondo de las torres Modificación/reemplazo de las secciones de precalentamiento Aditivos para evitar la corrosión, incrustación, ensuciamiento.	Reducir velocidades de desgaste por corrosión sulfídrica, cloruros, sulfuros y ácidos nafténicos Corregir desbalances térmicos en la sección de precalentamiento Evitar excesivos ensuciamientos y taponamientos en tuberías e intercambiadores de calor.
Reducción de viscosidad	Incorporación de hidrógeno de forma directa o a través de un donador (reducción catalítica)	Aumento en la severidad de la operación con aumento en el rendimiento de ligeros Menor costo de inversión que las demás opciones de conversión profunda
Hidrodesulfuración	Mejoras en los catalizadores moderando la operación Mayor control en los lechos de los reactores	Reducción de los costos de operación Mayor conversión, rendimiento y calidad de productos deseados Menor consumo de hidrógeno
Desintegración catalítica de tipo fluida (FCC)	Nuevos catalizadores y mejoras al sistema de circulación y enfriamiento Modificación al equipo para inyección de carga, apagado y distribución del gas Mezclado de gasóleos con residuo de vacío	Procesamiento de cargas más pesadas Operación con mayor severidad Integración térmica con generación de vapor Mejores rendimientos de ligeros que otros procesos de conversión
<i>Proceso</i>	<i>Modificaciones en el SNR</i>	<i>Ventajas</i>
Simulación de procesos	Caracterización adecuada del crudo de alimentación Nuevas ideas de control de procesos (redes neuronales)	Evaluación y optimización adecuada de las optimizaciones de las refinarias Planeación adecuada de rendimientos

Tabla 2
Retos tecnológicos de procesar crudo Maya

Problemática	Avances Tecnológicos requeridos	Tecnologías disponibles
Asfaltenos	Fractura de estructura Desmetalización Conversión de polímeros y derivados aromáticos Desulfuración	Desasfaltado con solventes (ROSE, LEDA, etc.), desintegración térmica de residuos asfálticos (coquización fluida, coquización retardada, etc.), hidroporcesamiento (H-oil, ABC, etc.), gasificación, Gasification process, Shell SGP, e hidrosulfuración Existen procesos integrales para el tratamiento de residuos asfálticos: Proceso ART, proceso MICROCAT, Proceso SUPEROIL CRACKING (Hidrosdesintegración térmica específica para crudos pesados con alto contenido de metales)
Residuos de carbón	Aprovechamiento energético	Coquización y Flexicoking
Azufre	Remoción	Hidrosulfuración profunda, proceso de desulfuración residual

Los procesos más usados en la actualidad para mejorar los rendimientos de crudos pesados en refinerías alrededor del mundo, se pueden dividir en dos:

Procesos de desintegración catalítica fluida (FCC): se basan en la ruptura de las moléculas pesadas por acción del catalizador fluidizado con la posterior recuperación del catalizador. Estos procesos tienen mejores rendimientos de ligeros y menos coque que en los procesos de hidrosdesintegración térmica, pero son menos flexibles en cuanto a la composición de la carga, ya que si desea craquear residuos de vacío de crudos pesados, éstos deben combinarse con gasóleos de vacío para reducir el índice de carbón.

Procesos de hidrosdesintegración térmica: la conversión se realiza en dos pasos: primero, se rompe la estructura de moléculas complejas y las estructuras poliméricas con calor; y segundo, se utiliza un método catalítico para hidrogenar los radicales libres producidos. De acuerdo a la opinión de expertos, estos procesos de hidroconversión profunda representan el futuro de procesamientos de crudos pesados.

Cualquiera de los dos tipos de procesos requieren métodos catalíticos, entonces la investigación en tecnología de catalizadores es vital para el procesamiento de crudos pesados. En la actualidad, estos esfuerzos se centran en evitar una sobre-reacción a través del anexo de microtiempos en sus componentes y en el desarrollo de catalizadores con características moleculares específicas y mejores soportes según la aplicación deseada.

Las tecnologías mencionadas anteriormente son convencionales en el procesamiento de crudos, por lo que a continuación se nombran algunas de las líneas de investigación para procesamiento no convencional:

Procesos por activación energética de crudos: aplicación de ultrasonidos, microondas, plasmas o fenómenos electroquímicos directamente al crudo. En forma general, los efectos

causados se deben a tres fenómenos, que dependiendo de la forma de energía varían en intensidad: movimientos rápidos del fluido debido a las variaciones de presión, presiones de cavitación debido a altas presiones y temperaturas y microflujos por la vibración de volúmenes discretos. Debido a esto, se rompen enlaces y se generan radicales libres, por lo que algunos compuestos pesados como los asfaltenos se transforman en compuestos más ligeros y estables, al reaccionar los radicales con el hidrógeno y al mismo tiempo eliminando azufre y facilitando la remoción de metales.

Procesos a microescala (nanotecnología): reducción del tamaño de los equipos de proceso y utilización de sistemas compactos, con procesos químicos alejados del equilibrio de rápidas transferencias de calor, reacción, y separación a través de equipos con microcanales y microequipo de flujo usando principios de nanociencias. Las principales ventajas serían la alta precisión de la operación y una reducción sustancial en: tiempos de diseño-construcción-operación, con costos de manufactura y problemas de mantenimiento como el ensuciamiento, coquización, etc.

Procesos biotecnológicos: el primer objetivo es la reducción del contenido de azufre presente en el crudo con un grado de selectividad. En la actualidad esto se hace en medio acuoso y en moléculas relativamente simples como las que conforman el diesel o la gasolina. El segundo objetivo es el desarrollo de microorganismos que transformen moléculas específicas en productos de mayor valor agregado. La utilización de procesos a microescala impulsará el uso de biotecnología en el proceso de petróleo.

Los procesos de investigación y desarrollo de Pemex-refinación se deben enfocar en procesos específicos para la desintegración – extracción – aprovechamiento de asfaltenos y demás hidrocarburos de alto peso molecular, la remoción –recuperación de metales pesados, y la disminución – eliminación de azufre. El reto es mayor y se considera la tendencia normas más estrictas con respecto a emisiones y descargas de contaminantes al medio ambiente.

El acceso por parte de Pemex – Refinación a las diferentes tecnologías para procesar crudo tipo Maya depende del papel tecnológico que adopte la empresa y depende, en gran medida, del capital que se invierta y/o la efectividad de las relaciones – alianzas estratégicas que se establezcan.

El problema no es trivial ya que de seguir las tendencias que hasta la fecha se han tenido, el SNR enfrentaría problemas para abastecer el mercado interno con producción propia y dependería de las importaciones y precios internacionales de los combustibles.

Los futuros alternativos

Los estados futuros alternativos se refieren a la actitud que Pemex-Refinación Tendrá con respecto a la tecnología de procesamiento de crudos pesados en el 2008:

“Desarrollador” de tecnología de procesamiento de crudos pesados con probabilidad de 20%, “seguidor rápido” de desarrollo tecnológico en materia de procesamiento de crudos pesados con probabilidad de 50% y “atrás de la curva” tecnología en procesamiento de crudos pesados con probabilidad de 30%.

Recientemente la compañía Arthur D. Little (ADL) Realizó un estudio acerca de la posición tecnológica y las opciones de Pemex – Refinación. La situación del mercado actual impulsa un esfuerzo colaborativo entre refinadores y proveedores de tecnología, así mismo propone ser un “usuario inteligente” de tecnología.

Esto se refiere a adquirir las tecnologías apropiadas, desarrollar habilidades tecnológicas críticas, estudiar de cerca las diversas tendencias y tecnologías del mercado, impulsar y fortalecer las plataformas tecnológicas apropiadas y las oportunidades de colaboración adecuadas a la estrategia de negocios.

De lo anterior se concluye que la opción de rápido seguidor tecnológico es conveniente para mantenerse dentro del ámbito de las tecnologías ya viables comercialmente e ir creando las bases necesarias para ser un usuario inteligente de tecnología, desarrollando únicamente las habilidades tecnológicas adecuadas, por ello es el estado futuro con mayor probabilidad.

El estado futuro más alto, “desarrollador”, implicaría que Pemex – Refinación llevará a cabo la mayor parte de las investigaciones, adecuaciones y escalamientos necesarios para satisfacer sus necesidades tecnológicas en cuanto a procesamiento de crudos pesados se refiere. El estado futuro intermedio, “seguidor rápido” se refiere a lo que se denomina “usuario inteligente”, pero no es suficiente contar con un plan tecnológico sino también dedicar los recursos humanos y financieros necesarios. Finalmente el estado futuro menor, el cual consiste un seguimiento reactivo.

Anexo "G" Relación Entre Plataformas y Componentes Tecnológicos

COMPONENTES TECNOLÓGICOS/PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS	TRATAMIENTOS TERMICOS	PROCESOS CATALITICOS INTEGRADOS	BIOPROCESOS	GASIFICACION	RECUPERACION Y APROVECHAMIENTO O DE SUBPRODUCTOS	NUEVAS FUENTES DE ENERGIA	SEPARACION DE LIQUIDOS	SEPARACION DE GASES	COMBUSTIBLES LIQUIDOS A PARTIR DE GASES	ELECTROPROCESOS	PROCESOS CON RADICALES LIBRES	SINTESIS DE PRODUCTOS LIQUIDOS	SISTEMAS DE TRATAMIENTO Y REMEDIACION
FLUIDOS SUPERCRITICOS (E)							X	X					
DESALADO (E)										X			X
FORMULACION DE SOLVENTES A LA MEDIDA (E)													
DESTILACION CATALITICA (E)		X					X	X				X	
HIDROVISCOREDUCCION (E)	X											X	
NUEVOS PLATOS (E)							X	X					
RECUPERACION DE AZUFRE			X		X								X
RECUPERACION MICROBIOLÓGICA IN SITU (E)			X		X								X
ABSORCION CON REACCION QUIMICA (E)		X					X	X					
LECHOS MOVILES (E)		X									X		
MEMBRANAS DE SEPARACION (E)					X		X	X					
LECHOS FLUIDIZADOS (E)		X									X		
ALQUILACION DE BENCENO (E)		X									X	X	
HIDROGENACION DE BENCENO (E)		X										X	
DISEÑO MEJORADO DE EQUIPO (E)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MODELADO DE PROCESOS SIMULACION Y OPTIMIZACIÓN (E)	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X
ADSORCION POR CAMBIO DE PRESION (E)					X			X					
HIDRODESPARAFINACION CATALITICA (E)		X										X	
TRATAMIENTO DE AGUA (E)			X		X					X			X
FORMULACION DE ASFALTOS (E)					X								
BIOREMEDIACION DE SUELOS (E)			X										X
TRATAMIENTO DE GASES (E)					X			X	X				X

NUEVOS EMPAQUES (E)						X	X			X	X	
TECNOLOGIA CON MICROONDAS (U)	X	X				X						
ULTRASONIDO (U)	X	X				X						
HIDROTRATAMIENTO DEL CRUDO (U)		X					X				X	
SISTEMAS DE COMBUSTION (U)	X			X		X						
ADSORCION POR DESCOMPOSICION DEL SULFHIDRICO (U)								X				X
TRATAMIENTO CATALITICO DE EFLUENTES (U)		X										X
BIODESULFURACION			X		X							X
NUEVOS CATALIZADORES (U)		X			X				X		X	X
REFORMACION DE GASES DIFERENTES DE HIDROGENO (U)		X			X				X			
ARCILLAS PILAREADAS (U)		X										
PIROLISIS DE CARBON (U)	X			X						X	X	
SINTESIS DE FISHER Y TROPSCH (U)	X										X	
FOTOCATALISIS (U)						X						X
ELECTROLISIS (U)									X			
NUEVOS OXIGENADOS					X						X	
ALQUILACION CON CATALIZADORES SOLIDOS (U)		X									X	
HIDROCONVERSION CON CATALIZADOR SOLUBLE (U)		X										
HIDROAGOTAMIENTO (U)							X	X				
GASIFICACION INTEGRADA DE COQUE CON OXIGENO (U)				X								
FITORREMEDIACION (U)												X
BIOCATALISIS NO ACUOSA (N)			X									X
GASIFICACION CON AGUA (N)				X								
BIODESINTEGRACION (N)			X									X
MICROTUBOS (N)	X					X						
REMOCION BIOLÓGICA DE METALES (N)			X		X							X
REACTORES FOTOCATALITICOS (FOTOREACTORES) (N)						X						
PLASMA (N)	X				X	X		X				X
POLIMERIZACION (N)										X	X	
ELECTROCATALISIS (N)						X			X			

Anexo "I":

Preguntas que integran el cuestionario Delphi Para la Construcción de MTPP de Refinación Petrolera.

Pregunta 1: ¿Cuál es la probabilidad de que un programa de R&D enfocado a desarrollar la plataforma tecnológica con la aplicación seleccionada pudiera ser técnicamente exitoso; es decir, que esto llevara a una innovación en una refinería y que permitiera mejorar su desempeño?

Probabilidad alta (> 75%)

Probabilidad moderadamente alta (50%-75%)

Probabilidad moderadamente baja (25%-50%)

Baja probabilidad (<25%)

Yo no sé

Pregunta 2: ¿Cuánto tiempo esperarías para que esta innovación pudiera ser usada dentro de una refinería (no una prueba experimental, sino una verdadera utilización a escala comercial)?

1-3 años

3-7 años

7-15 años

>15 años

Yo no sé

Pregunta 3: Dado el estado actual de R&D en este campo de aplicación y el tiempo establecido en la pregunta 2, ¿cuánto esfuerzo anual se requerirá para desarrollar esta innovación tecnológica al punto que pueda implantarse en una refinería?

>10 jornadas equivalentes a R&D de profesionales por año

5-10 jornadas equivalentes a R&D de profesionales por año

2-5 jornadas equivalentes a R&D de profesionales por año

1-2 jornadas equivalentes a R&D de profesionales por año

Yo no sé

Pregunta 4: Algunos tipos de investigación requieren mucha investigación especializada y equipo altamente costoso en su adquisición y/o mantenimiento. ¿Qué tan especializados son los medios y equipos que se necesitan para conducir R&D en este campo de aplicación en comparación con la investigación promedio que se hace en las universidades?

Principalmente especializado y único
Algunas veces especializado y único
Algunas veces especializado pero disponible
No especializado
Yo no sé

Pregunta 5: Los costos iniciales requeridos . . . inversión de capital, integración con otro sistemas, etc. . . ¿serían un obstáculo para llevar a cabo esta innovación dentro de la refinería?

Sí, un obstáculo significativo
Sí, un obstáculo moderadamente alto
Sí, un obstáculo moderadamente bajo
No hay obstáculo
Yo no sé

Pregunta 6: Además de las restricciones de costo o factores de éxito técnico, a veces las tecnologías enfrentan otras limitaciones para su aplicación, tales como regulaciones o preocupaciones por sus efectos sociales (medio ambiente, salud, etc.); esto puede retrasar o aún impedir su utilización. ¿Qué nivel de esfuerzo se necesita para que sea posible superar tales restricciones para esta innovación?

Alto (casi imposible superar)
Moderado (tardaría la implementación)
Bajo (se puede manejar en el curso natural de negocio)
Ninguna barrera anticipada
Yo no sé

Pregunta 7: Si la R&D demostró ser técnicamente exitosa, ¿cuánto contribuiría esta innovación a reducir los costos anuales de operación y mantenimiento comparados con los asociados a la tecnología que reemplaza o complementa?

Gran reducción de costos de O&M (>25% reducción)
Reducción moderada de costos de O&M (10-25% reducción)
Reduce un poco los costos de O&M (0-10% reducción)
Incrementa los costos de O&M, pero tiene otros beneficios
Yo no sé

Pregunta 8: Si la R&D demostró ser técnicamente exitosa, ¿en qué proporción la innovación lograda podría mejorar la habilidad de la refinería para procesar más crudos pesados y/o de baja calidad?

Ampliamente mejorado
Moderadamente mejorado
Ligeramente mejorado
No mejorará
Yo no sé

Pregunta 9: Si la R&D demostró ser técnicamente exitosa, ¿qué tanto la innovación lograda podría mejorar la habilidad de la refinería para producir una gama más amplia

de productos petrolíferos, de tal manera que sea mayor el valor total de los productos obtenidos?

- Ampliamente mejorado
- Moderadamente mejorado
- Ligeramente mejorado
- no mejorará
- Yo no sé

Pregunta 10: Si la R&D demostró ser técnicamente exitosa, ¿en qué proporción la innovación lograda podría mejorar la habilidad de la refinería para fabricar productos petrolíferos de alta-calidad; por ejemplo, productos con menos impurezas u otro atributos no deseables?

- Ampliamente mejorado
- Moderadamente mejorado
- Ligeramente mejorado
- no mejorará
- Yo no sé

Pregunta 11: Si la R&D demostró ser técnicamente exitosa, ¿qué tanto la innovación permitiría mejorar la habilidad de la refinería para obtener otros productos no tradicionalmente fabricados en ella como por ejemplo, productos químicos o electricidad?

- Ampliamente mejorado
- Moderadamente mejorado
- Ligeramente mejorado
- no mejorará
- Yo no sé

Pregunta 12: Si la R&D demostró ser técnicamente exitosa, ¿en qué proporción la innovación lograda permitiría mejorar la habilidad de la refinería para satisfacer las regulaciones ambientales o las preocupaciones sociales?

- Ampliamente mejorado
- Moderadamente mejorado
- Ligeramente mejorado
- no mejorará
- Yo no sé

Pregunta 13: ¿Cuál es la probabilidad de que las inversiones realizadas en esta área de investigación generen procesos o componentes de propiedad única que no están siendo desarrolladas en otras partes y que podrían generar ingresos por licenciamiento, tanto en la refinación como en otras aplicaciones potenciales?

- Alta (>75% probabilidad)
- Moderadamente alta (50-75% probabilidad)
- Moderadamente baja (25-50% Probabilidad)
- Baja (<25% probabilidad)
- Yo no sé

Pregunta 14: ¿Cuál es la probabilidad de que esta innovación alcance el status de comercialmente disponible (por ejemplo, vía licenciamiento) a partir de investigaciones

que están en proceso realizadas por actores que operan en el campo de la refinación del petróleo?

Alta (>50%)

Moderadamente alta (30-50%)

Moderadamente baja (10-30%)

Baja (10%)

Yo no sé

Pregunta 15: La posibilidad de que la innovación resulte técnicamente exitosa puede depender de la existencia de una creciente actividad internacional en R&D en aquellos campos técnicos más estrechamente relacionados con el desarrollo de dicha innovación. ¿Cuál de las opciones que se muestran abajo caracteriza mejor el nivel de R&D relacionada que podría impactar positivamente en el éxito técnico de esta aplicación y que pudiera ser accesible a otros investigadores?

Alta

Moderado pero productivo

Moderado pero declinando

Pequeño

Yo no sé

Anexo "J"

Escala de correlación y Pesos normalizados para los atributos estratégicos

Pregunta #		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Escala de correlación	OPS	P	P	P	N	N	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	SV	P	N	P	P	P	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	PS(R&D)	P	P	P	N	N	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	AR	P	N	P	P	P	N	P	P	P	P	P	P	P	N	N
	MC(R&D)	P	P	N	N	N	N	P	P	P	P	P	P	P	P	P
	OIV	P	N	N	N	N	N	P	P	P	P	P	P	P	N	P
Pesos Normalizados	OPS	0.13	0.07	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13
	SV	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.13	0.13	0.13	0.07	0.13	0.07	0.07	0.07
Factor de escala	PS(R&D)	0.18	0.09	0.18	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18
	AR	0.05	0.05	0.11	0.00	0.05	0.11	0.11	0.11	0.11	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	MC(R&D)	0.10	0.05	0.10	0.05	0.10	0.10	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.10	0.10
	OIV	0.11	0.00	0.11	0.06	0.11	0.00	0.11	0.11	0.11	0.11	0.00	0.06	0.00	0.06	0.06
		0.57	0.32	0.49	0.42	0.39	0.47	0.40	0.40	0.40	0.34	0.17	0.29	0.17	0.59	0.59

Anexo "K" análisis y compendio de resultados de encuestados

Pregunta #		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	2	
Bioprocesos																		
Tratamiento frontal de crudo																		
	1	3.50	4.00	3.17	3.75	3.58	2.75	3.58	4.17	2.75	3.42	2.58	3.33	3.50	3.50	3.83	1.53E-01	2.84
2.84	0.19 OPS	0.47	0.27	0.00	0.17	0.19	0.30	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.51	1.29E-01	
2.95	0.20 SV	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.56	0.37	0.46	0.17	0.44	0.10	0.23	0.26	1.26E-01	
3.14	0.21 PS(R&D)	0.64	0.36	0.58	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.70	1.34E-01	
2.81	0.19 AR	0.18	0.05	0.33	0.00	0.19	0.24	0.38	0.44	0.29	0.18	0.14	0.18	0.08	0.08	0.06	1.42E-01	
2.82	0.19 MC(R&D)	0.33	0.19	0.17	0.06	0.13	0.21	0.17	0.20	0.13	0.16	0.12	0.16	0.07	0.33	0.37		
2.85	0.19 OIV	0.39	0.00	0.20	0.07	0.16	0.00	0.40	0.46	0.31	0.38	0.00	0.19	0.00	0.08	0.21		
Conversión de residuales																		
	2	2.63	3.29	2.63	2.79	2.63	2.63	2.88	2.96	2.96	2.96	2.29	2.63	2.79	2.63	3.13		
2.65	0.18 OPS	0.35	0.22	0.00	0.29	0.32	0.32	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.42	1.89E-01	2.61
2.65	0.18 SV	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.39	0.39	0.39	0.15	0.35	0.15	0.18	0.21	2.59E-01	
2.70	0.18 PS(R&D)	0.48	0.30	0.48	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.57	1.76E-01	
2.57	0.17 AR	0.14	0.09	0.28	0.00	0.14	0.25	0.30	0.31	0.31	0.16	0.12	0.14	0.12	0.13	0.10	1.62E-01	
2.64	0.18 MC(R&D)	0.25	0.16	0.23	0.11	0.23	0.23	0.14	0.14	0.14	0.14	0.11	0.13	0.11	0.25	0.30	1.62E-01	
2.70	0.18 OIV	0.29	0.00	0.26	0.12	0.26	0.00	0.32	0.33	0.33	0.33	0.00	0.15	0.00	0.13	0.17		
Remoción de impurezas																		
	3	2.33	3.17	2.17	3.00	2.00	2.00	2.33	2.50	2.50	2.33	1.33	3.00	2.00	3.17	3.00		
2.72	0.18 OPS	0.31	0.21	0.00	0.27	0.40	0.40	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.40	2.36E-01	2.49
2.60	0.17 SV	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.33	0.33	0.31	0.09	0.40	0.20	0.21	0.20	3.82E-01	
2.59	0.17 PS(R&D)	0.42	0.29	0.39	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.55	2.26E-01	
2.35	0.16 AR	0.12	0.10	0.23	0.00	0.11	0.32	0.25	0.26	0.26	0.12	0.07	0.16	0.16	0.10	0.11	1.60E-01	
2.71	0.18 MC(R&D)	0.22	0.15	0.27	0.10	0.29	0.29	0.11	0.12	0.12	0.11	0.06	0.14	0.14	0.30	0.29	2.10E-01	
2.53	0.17 OIV	0.26	0.00	0.31	0.11	0.33	0.00	0.26	0.28	0.28	0.26	0.00	0.17	0.00	0.10	0.17		
Ambiental																		
	4	2.58	2.75	2.42	2.75	2.25	1.58	2.58	2.92	2.08	2.42	1.25	2.92	2.25	3.08	2.75		
2.77	0.18 OPS	0.34	0.18	0.00	0.30	0.37	0.46	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.37	2.34E-01	2.53
2.64	0.18 SV	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.39	0.28	0.32	0.08	0.39	0.18	0.21	0.18	3.80E-01	
2.63	0.18 PS(R&D)	0.47	0.25	0.44	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.50	2.09E-01	
2.50	0.17 AR	0.14	0.12	0.25	0.00	0.12	0.36	0.27	0.31	0.22	0.13	0.07	0.15	0.14	0.10	0.12	1.59E-01	
2.68	0.18 MC(R&D)	0.25	0.13	0.25	0.11	0.26	0.33	0.12	0.14	0.10	0.12	0.06	0.14	0.13	0.29	0.26	1.96E-01	
2.54	0.17 OIV	0.29	0.00	0.29	0.13	0.31	0.00	0.29	0.32	0.23	0.27	0.00	0.16	0.00	0.11	0.15		
Procesos catalíticos integrados																		
Tratamiento frontal de crudo																		
	1	4.33	4.33	3.50	3.67	3.17	1.83	3.83	4.50	4.17	4.33	2.42	4.17	2.67	3.50	3.67		
3.18	0.21 OPS	0.58	0.29	0.00	0.18	0.24	0.42	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.49	8.34E-02	3.32
3.55	0.24 SV	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.60	0.56	0.58	0.16	0.56	0.16	0.23	0.24	9.94E-02	
3.36	0.22 PS(R&D)	0.79	0.39	0.64	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.64	0.67	9.36E-02	
3.29	0.22 AR	0.23	0.04	0.37	0.00	0.17	0.33	0.40	0.47	0.44	0.23	0.13	0.22	0.12	0.08	0.07	1.04E-01	
3.21	0.21 MC(R&D)	0.41	0.21	0.14	0.06	0.17	0.30	0.18	0.21	0.20	0.21	0.12	0.20	0.11	0.33	0.35	9.55E-02	
3.31	0.22 OIV	0.48	0.00	0.17	0.07	0.20	0.00	0.43	0.50	0.46	0.48	0.00	0.23	0.00	0.08	0.20		
Separación y recuperación																		
	2	3.21	3.71	2.71	3.21	1.71	1.71	3.54	3.71	4.04	3.88	2.21	2.88	2.21	3.38	3.54		
3.19	0.21 OPS	0.43	0.25	0.00	0.24	0.44	0.44	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.47	1.46E-01	3.06
3.25	0.22 SV	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.49	0.54	0.52	0.15	0.38	0.19	0.23	0.24	2.38E-01	

3.00	0.20	PS(R&D)	0.58	0.34	0.49	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.64	1.43E-01		
2.93	0.20	AR	0.17	0.07	0.29	0.00	0.09	0.35	0.37	0.39	0.43	0.20	0.12	0.15	0.15	0.09	0.08	1.17E-01	
3.17	0.21	MC(R&D)	0.31	0.18	0.22	0.09	0.31	0.31	0.17	0.18	0.19	0.18	0.11	0.14	0.13	0.32	0.34	1.23E-01	
3.21	0.21	OIV	0.36	0.00	0.25	0.10	0.37	0.00	0.39	0.41	0.45	0.43	0.00	0.16	0.00	0.09	0.20		
Conversión de residuales																			
3.06	0.20	OPS	3.46	3.63	2.46	2.46	2.63	1.79	2.63	3.29	3.46	3.29	2.13	2.96	2.63	3.29	3.63		
3.01	0.20	SV	0.46	0.24	0.00	0.34	0.32	0.43	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.48	1.62E-01	2.91
3.13	0.21	PS(R&D)	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.44	0.46	0.44	0.14	0.39	0.16	0.22	0.24	2.28E-01	
2.70	0.18	AR	0.63	0.33	0.45	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.60	0.66	1.63E-01	
3.01	0.18	AR	0.18	0.07	0.26	0.00	0.14	0.34	0.28	0.35	0.36	0.17	0.11	0.16	0.13	0.09	0.07	1.27E-01	
3.01	0.20	MC(R&D)	0.33	0.17	0.24	0.12	0.23	0.31	0.13	0.16	0.16	0.16	0.10	0.14	0.11	0.31	0.35	1.44E-01	
2.94	0.20	OIV	0.38	0.00	0.28	0.14	0.26	0.00	0.29	0.37	0.38	0.37	0.00	0.16	0.00	0.09	0.20		
Remoción de impurezas																			
2.67	0.18	OPS	4	2.58	2.92	2.75	2.58	2.08	1.92	1.92	2.42	2.25	2.25	1.25	2.58	1.75	2.58	3.08	
2.49	0.17	SV	0.34	0.19	0.00	0.32	0.39	0.41	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.41	2.44E-01	2.44
2.70	0.17	SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.32	0.30	0.30	0.08	0.34	0.22	0.17	0.21	3.73E-01	
2.70	0.18	PS(R&D)	0.47	0.27	0.50	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.56	2.11E-01	
2.38	0.16	AR	0.14	0.11	0.29	0.00	0.11	0.32	0.20	0.25	0.24	0.12	0.07	0.14	0.17	0.13	0.10	1.70E-01	
2.58	0.17	MC(R&D)	0.25	0.14	0.21	0.12	0.28	0.29	0.09	0.12	0.11	0.11	0.06	0.12	0.15	0.25	0.29	2.03E-01	
2.43	0.16	OIV	0.29	0.00	0.25	0.13	0.32	0.00	0.21	0.27	0.25	0.25	0.00	0.14	0.00	0.13	0.17		
Síntesis de productos líquidos																			
2.81	0.19	OPS	5	2.75	2.92	2.25	2.75	2.08	1.42	2.58	2.25	3.25	3.08	2.25	2.25	2.08	2.75	2.75	
2.77	0.18	SV	0.37	0.19	0.00	0.30	0.39	0.48	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.37	2.18E-01	2.63
2.58	0.17	PS(R&D)	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.30	0.43	0.41	0.15	0.30	0.19	0.18	0.18	3.92E-01	
2.62	0.17	AR	0.50	0.27	0.41	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	1.89E-01	
2.80	0.17	AR	0.14	0.11	0.24	0.00	0.11	0.38	0.27	0.24	0.34	0.16	0.12	0.12	0.15	0.12	0.12	1.60E-01	
2.80	0.19	MC(R&D)	0.26	0.14	0.26	0.11	0.28	0.34	0.12	0.11	0.15	0.15	0.11	0.11	0.14	0.26	0.26	1.80E-01	
2.70	0.18	OIV	0.31	0.00	0.31	0.13	0.32	0.00	0.29	0.25	0.36	0.34	0.00	0.13	0.00	0.13	0.15		
Rearreglo molecular																			
2.95	0.20	OPS	6	2.92	3.08	2.75	2.58	1.92	1.25	2.42	2.42	3.42	2.92	2.75	1.92	2.75	3.08	2.92	
2.78	0.19	SV	0.39	0.21	0.00	0.32	0.41	0.50	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.39	2.17E-01	2.68
2.84	0.19	PS(R&D)	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.50	0.00	0.32	0.46	0.39	0.18	0.26	0.15	0.21	0.19	3.69E-01	
2.64	0.18	AR	0.53	0.28	0.50	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.53	1.91E-01	
2.84	0.18	AR	0.15	0.10	0.29	0.00	0.10	0.39	0.25	0.25	0.36	0.15	0.14	0.10	0.12	0.10	0.11	1.49E-01	
2.84	0.19	MC(R&D)	0.28	0.15	0.21	0.12	0.29	0.36	0.12	0.12	0.16	0.14	0.13	0.09	0.11	0.29	0.28	1.77E-01	
2.67	0.18	OIV	0.32	0.00	0.25	0.13	0.34	0.00	0.27	0.27	0.38	0.32	0.00	0.11	0.00	0.11	0.16		
Ambiental																			
2.69	0.18	OPS	7	2.67	2.67	2.50	2.83	2.17	1.67	2.50	2.50	2.17	2.50	1.83	2.83	2.33	2.67	2.67	
2.59	0.17	SV	0.36	0.18	0.00	0.29	0.38	0.44	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.36	2.42E-01	2.50
2.55	0.17	PS(R&D)	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.33	0.29	0.33	0.12	0.38	0.18	0.18	0.18	3.83E-01	
2.51	0.17	AR	0.48	0.24	0.45	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.48	0.48	2.06E-01	
2.63	0.17	AR	0.14	0.12	0.26	0.00	0.11	0.35	0.26	0.26	0.23	0.13	0.10	0.15	0.14	0.12	0.12	1.63E-01	
2.63	0.18	MC(R&D)	0.25	0.13	0.24	0.10	0.27	0.32	0.12	0.12	0.10	0.12	0.09	0.13	0.13	0.25	0.25	1.92E-01	
2.52	0.17	OIV	0.30	0.00	0.28	0.12	0.31	0.00	0.28	0.28	0.24	0.28	0.00	0.16	0.00	0.13	0.15		
Separación de líquidos																			
Tratamiento frontal de crudo																			
3.00	0.20	OPS	1	3.67	4.00	3.33	2.42	2.83	2.33	2.75	3.50	2.92	2.92	2.33	2.42	2.58	3.42	3.25	
2.75	0.18	SV	0.49	0.27	0.00	0.34	0.29	0.36	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.46	0.43	1.49E-01	2.81
3.32	0.22	PS(R&D)	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.47	0.39	0.39	0.16	0.32	0.16	0.23	0.22	1.01E-01	
2.70	0.18	AR	0.67	0.36	0.61	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.59	1.45E-01	
2.83	0.19	MC(R&D)	0.19	0.05	0.35	0.00	0.15	0.28	0.29	0.37	0.31	0.15	0.12	0.13	0.13	0.08	0.09	1.32E-01	
			0.35	0.19	0.16	0.12	0.21	0.25	0.13	0.17	0.14	0.14	0.11	0.12	0.12	0.33	0.31	1.47E-01	

2.72	0.18	OIV	0.41	0.00	0.19	0.14	0.24	0.00	0.31	0.39	0.32	0.32	0.00	0.13	0.00	0.09	0.18		
Separación y recuperación																			
2.71	0.21	OPS	0.41	0.27	0.00	0.37	0.37	0.46	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.34	1.83E-01	2.70
2.66	0.18	SV	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.39	0.37	0.33	0.11	0.31	0.21	0.25	0.17	2.45E-01	
2.88	0.19	PS(R&D)	0.55	0.37	0.31	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.46	1.81E-01	
2.49	0.17	AR	0.16	0.05	0.18	0.00	0.12	0.36	0.31	0.31	0.29	0.13	0.09	0.12	0.17	0.07	0.13	1.25E-01	
2.99	0.20	MC(R&D)	0.29	0.19	0.31	0.13	0.27	0.33	0.14	0.14	0.13	0.12	0.08	0.11	0.15	0.35	0.24	1.56E-01	
2.75	0.18	OIV	0.34	0.00	0.37	0.16	0.31	0.00	0.33	0.33	0.31	0.27	0.00	0.13	0.00	0.07	0.14		
Remoción de impurezas																			
2.71	0.18	OPS	0.33	0.22	0.00	0.40	0.40	0.47	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.29		2.51E-01	2.37
2.32	0.15	SV	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.29	0.27	0.31	0.11	0.24	0.23	0.14	0.14	4.00E-01	
2.39	0.16	PS(R&D)	0.45	0.30	0.30	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.39	2.18E-01	
2.34	0.16	AR	0.13	0.09	0.18	0.00	0.11	0.37	0.25	0.23	0.21	0.12	0.09	0.10	0.18	0.15	0.15	1.63E-01	
2.64	0.18	MC(R&D)	0.24	0.16	0.32	0.14	0.29	0.33	0.11	0.10	0.10	0.11	0.08	0.09	0.17	0.21	0.21	1.89E-01	
2.51	0.17	OIV	0.28	0.00	0.37	0.17	0.33	0.00	0.26	0.24	0.22	0.26	0.00	0.10	0.00	0.16	0.12		
Ambiental																			
2.67	0.18	OPS	0.32	0.19	0.00	0.39	0.39	0.43	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	0.34	2.37E-01	2.47
2.57	0.17	SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.43	0.00	0.32	0.30	0.34	0.13	0.37	0.19	0.17	0.17	3.90E-01	
2.52	0.17	PS(R&D)	0.44	0.27	0.35	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.47	2.21E-01	
2.37	0.16	AR	0.13	0.11	0.20	0.00	0.11	0.34	0.20	0.25	0.24	0.14	0.10	0.14	0.15	0.13	0.13	1.59E-01	
2.68	0.18	MC(R&D)	0.23	0.14	0.29	0.14	0.28	0.31	0.09	0.12	0.11	0.12	0.09	0.13	0.14	0.25	0.25	1.86E-01	
2.55	0.17	OIV	0.27	0.00	0.34	0.16	0.32	0.00	0.21	0.27	0.25	0.29	0.00	0.15	0.00	0.13	0.14		
Separación de gases																			
Separación y recuperación																			
2.90	0.19	OPS	0.34	0.23	0.00	0.32	0.39	0.46	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.41	1.69E-01	2.66
2.81	0.19	SV	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.34	0.38	0.41	0.13	0.41	0.19	0.19	0.20	2.72E-01	
2.68	0.18	PS(R&D)	0.46	0.31	0.40	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.55	1.75E-01	
2.57	0.17	AR	0.13	0.09	0.23	0.00	0.11	0.36	0.29	0.27	0.30	0.16	0.10	0.16	0.15	0.11	0.10	1.34E-01	
2.86	0.19	MC(R&D)	0.24	0.16	0.27	0.11	0.28	0.33	0.13	0.12	0.14	0.14	0.09	0.14	0.13	0.27	0.29	1.56E-01	
2.76	0.18	OIV	0.28	0.00	0.31	0.13	0.33	0.00	0.31	0.28	0.32	0.34	0.00	0.17	0.00	0.12	0.17		
Remoción de impurezas																			
2.73	0.18	OPS	0.31	0.22	0.00	0.36	0.42	0.44	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.36		2.49E-01	2.43
2.46	0.16	SV	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.29	0.27	0.31	0.11	0.33	0.24	0.17	0.18	3.92E-01	
2.52	0.17	PS(R&D)	0.42	0.30	0.36	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.48		2.26E-01	
2.32	0.15	AR	0.12	0.09	0.21	0.00	0.10	0.35	0.23	0.23	0.21	0.12	0.09	0.13	0.19	0.13	0.12	1.60E-01	
2.69	0.18	MC(R&D)	0.22	0.16	0.29	0.13	0.30	0.32	0.10	0.10	0.10	0.11	0.08	0.12	0.17	0.24	0.25	2.01E-01	
2.48	0.17	OIV	0.26	0.00	0.33	0.15	0.35	0.00	0.24	0.24	0.22	0.26	0.00	0.14	0.00	0.14	0.15		
Ambiental																			
2.96	0.20	OPS	0.42	0.22	0.00	0.38	0.42	0.47	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.40	0.33	2.45E-01	2.54
2.54	0.17	SV	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.31	0.27	0.31	0.12	0.40	0.19	0.20	0.17	3.74E-01	
2.76	0.18	PS(R&D)	0.58	0.30	0.36	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.45		2.20E-01	
2.39	0.16	AR	0.17	0.09	0.21	0.00	0.10	0.37	0.25	0.25	0.21	0.12	0.10	0.16	0.15	0.11	0.13	1.49E-01	
2.83	0.19	MC(R&D)	0.30	0.16	0.29	0.13	0.30	0.33	0.11	0.11	0.10	0.11	0.09	0.14	0.13	0.29	0.24	1.85E-01	
2.61	0.17	OIV	0.35	0.00	0.33	0.16	0.35	0.00	0.26	0.26	0.22	0.26	0.00	0.17	0.00	0.11	0.14		

Tratamiento térmico																			
Tratamiento frontal de crudo																			
2.88	0.19	OPS	0.48	0.26	0.00	0.30	0.31	0.34	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.38	1.51E-01	2.83
2.82	0.19	SV	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.34	0.00	0.46	0.38	0.40	0.21	0.38	0.18	0.21	0.19	1.26E-01	
3.04	0.20	PS(R&D)	0.65	0.36	0.53	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.52	1.39E-01	
2.75	0.18	AR	0.19	0.06	0.31	0.00	0.14	0.27	0.31	0.36	0.30	0.16	0.17	0.15	0.14	0.10	0.11	1.38E-01	
2.87	0.19	MC(R&D)	0.34	0.19	0.20	0.11	0.22	0.25	0.14	0.16	0.13	0.14	0.15	0.13	0.13	0.30	0.27	1.48E-01	
2.78	0.19	OIV	0.40	0.00	0.23	0.13	0.26	0.00	0.32	0.38	0.31	0.33	0.00	0.16	0.00	0.10	0.16		
Conversión de residuales																			
Tratamiento frontal de crudo																			
2.72	0.18	OPS	0.32	0.25	0.00	0.37	0.33	0.44	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.27	1.87E-01	2.59
2.61	0.17	SV	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.43	0.38	0.34	0.14	0.25	0.22	0.19	0.14	2.75E-01	
2.51	0.17	PS(R&D)	0.43	0.34	0.34	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.37	1.73E-01	
2.58	0.17	AR	0.13	0.07	0.20	0.00	0.13	0.35	0.29	0.34	0.30	0.13	0.11	0.10	0.17	0.11	0.16	1.44E-01	
2.73	0.18	MC(R&D)	0.23	0.18	0.30	0.13	0.23	0.31	0.13	0.15	0.14	0.12	0.10	0.09	0.16	0.27	0.19	1.63E-01	
2.63	0.18	OIV	0.26	0.00	0.35	0.16	0.27	0.00	0.30	0.36	0.32	0.28	0.00	0.10	0.00	0.12	0.11		
Electroprocesos																			
Tratamiento frontal de crudo																			
2.74	0.18	OPS	0.47	0.24	0.00	0.20	0.27	0.40	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.36	1.58E-01	2.57
2.58	0.17	SV	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.46	0.33	0.31	0.12	0.33	0.16	0.21	0.18	1.54E-01	
2.76	0.18	PS(R&D)	0.64	0.33	0.45	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.48	1.61E-01	
2.61	0.17	AR	0.18	0.07	0.26	0.00	0.16	0.32	0.31	0.36	0.26	0.12	0.09	0.13	0.12	0.10	0.12	1.49E-01	
2.69	0.18	MC(R&D)	0.33	0.17	0.24	0.07	0.19	0.29	0.14	0.16	0.12	0.11	0.08	0.12	0.11	0.30	0.25	1.53E-01	
2.60	0.17	OIV	0.39	0.00	0.28	0.08	0.22	0.00	0.32	0.38	0.28	0.26	0.00	0.14	0.00	0.10	0.15		
Remoción de impurezas																			
Tratamiento frontal de crudo																			
2.46	0.16	OPS	0.24	0.21	0.00	0.31	0.38	0.42	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.33	2.60E-01	2.22
2.27	0.15	SV	0.00	0.12	0.00	0.00	0.00	0.42	0.00	0.29	0.27	0.29	0.09	0.27	0.20	0.16	0.17	4.09E-01	
2.26	0.15	PS(R&D)	0.33	0.29	0.33	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.45	2.43E-01	
2.18	0.15	AR	0.10	0.10	0.19	0.00	0.11	0.33	0.19	0.23	0.21	0.11	0.07	0.11	0.16	0.14	0.13	1.80E-01	
2.46	0.16	MC(R&D)	0.17	0.15	0.30	0.11	0.27	0.30	0.09	0.10	0.10	0.10	0.06	0.10	0.14	0.22	0.24	2.10E-01	
2.31	0.15	OIV	0.20	0.00	0.35	0.13	0.31	0.00	0.20	0.24	0.22	0.24	0.00	0.11	0.00	0.15	0.14		
Ambiental																			
Tratamiento frontal de crudo																			
2.57	0.17	OPS	0.36	0.19	0.00	0.33	0.42	0.44	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.33	2.62E-01	2.33
2.33	0.16	SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.36	0.24	0.24	0.11	0.27	0.22	0.13	0.17	3.91E-01	
2.44	0.16	PS(R&D)	0.48	0.26	0.42	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.45	2.27E-01	
2.35	0.16	AR	0.14	0.11	0.25	0.00	0.10	0.35	0.18	0.28	0.19	0.10	0.09	0.11	0.18	0.16	0.13	1.73E-01	
2.52	0.17	MC(R&D)	0.25	0.13	0.25	0.12	0.30	0.32	0.08	0.13	0.09	0.09	0.08	0.10	0.16	0.19	0.24	2.04E-01	
2.39	0.16	OIV	0.30	0.00	0.30	0.14	0.35	0.00	0.19	0.30	0.20	0.20	0.00	0.11	0.00	0.17	0.14		
Gasificación																			
Tratamiento frontal de crudo																			
2.98	0.20	OPS	0.48	0.26	0.00	0.28	0.28	0.38	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.47	1.17E-01	2.98
3.09	0.21	SV	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.46	0.47	0.48	0.21	0.42	0.16	0.22	0.23	1.03E-01	
3.25	0.22	PS(R&D)	0.65	0.36	0.62	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.64	1.22E-01	
2.91	0.19	AR	0.19	0.06	0.36	0.00	0.15	0.30	0.32	0.36	0.37	0.19	0.16	0.17	0.12	0.09	0.08	1.23E-01	
2.95	0.20	MC(R&D)	0.34	0.19	0.15	0.10	0.20	0.27	0.14	0.16	0.17	0.17	0.15	0.15	0.11	0.32	0.33	1.30E-01	

2.88	0.19	OIV	0.40	0.00	0.18	0.12	0.23	0.00	0.33	0.38	0.39	0.40	0.00	0.18	0.00	0.09	0.19		
Conversion de residuales		2	2.38	3.38	2.54	2.71	3.38	2.04	2.04	3.54	3.21	2.88	3.04	2.38	1.54	3.04	3.38		
2.59	0.17	OPS	0.32	0.23	0.00	0.31	0.22	0.39	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.45	1.65E-01	2.69
2.96	0.20	SV	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.47	0.43	0.38	0.20	0.32	0.23	0.20	0.23	2.53E-01	
2.78	0.19	PS(R&D)	0.43	0.31	0.46	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.61	1.65E-01	
2.70	0.18	AR	0.13	0.09	0.27	0.00	0.18	0.31	0.21	0.37	0.34	0.15	0.16	0.13	0.18	0.10	0.09	1.49E-01	
2.76	0.18	MC(R&D)	0.23	0.16	0.23	0.11	0.15	0.28	0.10	0.17	0.15	0.14	0.14	0.11	0.16	0.29	0.32	1.81E-01	
2.57	0.17	OIV	0.26	0.00	0.27	0.13	0.18	0.00	0.23	0.39	0.36	0.32	0.00	0.13	0.00	0.11	0.19		
Sintesis de productos		3	2.42	2.92	1.92	2.75	2.42	1.42	2.42	2.08	2.25	2.08	2.58	2.08	1.92	2.75	3.08		
2.74	0.18	OPS	0.32	0.19	0.00	0.30	0.34	0.48	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.37	0.41	2.44E-01	2.42
2.52	0.17	SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.48	0.00	0.28	0.30	0.28	0.17	0.28	0.21	0.18	0.21	3.85E-01	
2.52	0.17	PS(R&D)	0.44	0.27	0.35	0.41	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.56	2.18E-01	
2.39	0.16	AR	0.13	0.11	0.20	0.00	0.13	0.38	0.25	0.22	0.24	0.11	0.14	0.11	0.16	0.12	0.10	1.59E-01	
2.70	0.18	MC(R&D)	0.23	0.14	0.29	0.11	0.25	0.34	0.12	0.10	0.11	0.10	0.12	0.10	0.15	0.26	0.29	2.26E-01	
2.42	0.16	OIV	0.27	0.00	0.34	0.13	0.29	0.00	0.27	0.23	0.25	0.23	0.00	0.12	0.00	0.13	0.17		
Procesos con Radicales Libres Tratamiento frontal de crudo		1	3.17	3.50	3.17	3.17	3.50	2.58	3.17	3.25	3.58	3.67	3.25	3.58	2.92	3.08	3.42		
2.71	0.18	OPS	0.42	0.23	0.00	0.24	0.20	0.32	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.46	1.12E-01	2.89
3.09	0.21	SV	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.32	0.00	0.43	0.48	0.49	0.22	0.48	0.14	0.21	0.23	1.27E-01	
2.98	0.20	PS(R&D)	0.58	0.32	0.58	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.56	0.62	1.21E-01	
2.92	0.19	AR	0.17	0.08	0.33	0.00	0.18	0.25	0.33	0.34	0.38	0.19	0.17	0.19	0.11	0.10	0.08	1.35E-01	
2.80	0.19	MC(R&D)	0.30	0.17	0.17	0.09	0.14	0.23	0.15	0.15	0.17	0.17	0.15	0.17	0.10	0.29	0.33	1.29E-01	
2.84	0.19	OIV	0.35	0.00	0.20	0.10	0.17	0.00	0.35	0.36	0.40	0.41	0.00	0.20	0.00	0.11	0.19		
Conversion de residuales		2	3.13	3.04	2.38	2.79	2.54	2.29	2.13	2.54	2.96	2.96	2.29	2.13	2.04	2.71	2.79		
2.62	0.17	OPS	0.42	0.20	0.00	0.29	0.33	0.36	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.37	1.87E-01	2.57
2.62	0.17	SV	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.34	0.39	0.39	0.15	0.28	0.20	0.18	0.19	2.63E-01	
2.68	0.18	PS(R&D)	0.57	0.28	0.43	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.51	1.77E-01	
2.52	0.17	AR	0.16	0.10	0.25	0.00	0.13	0.29	0.22	0.27	0.31	0.16	0.12	0.11	0.16	0.12	0.12	1.49E-01	
2.67	0.18	MC(R&D)	0.30	0.14	0.25	0.11	0.23	0.26	0.10	0.12	0.14	0.14	0.11	0.10	0.14	0.26	0.27	1.62E-01	
2.61	0.17	OIV	0.35	0.00	0.29	0.12	0.27	0.00	0.24	0.28	0.33	0.33	0.00	0.12	0.00	0.13	0.16		
Remoción de impurezas		3	1.83	2.67	2.00	2.50	2.17	1.92	2.17	1.83	1.92	1.75	2.17	2.00	1.75	2.50	2.17		
2.46	0.16	OPS	0.24	0.18	0.00	0.33	0.38	0.41	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.29	2.60E-01	2.21
2.24	0.15	SV	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.41	0.00	0.24	0.26	0.23	0.14	0.27	0.22	0.17	0.14	4.16E-01	
2.24	0.15	PS(R&D)	0.33	0.24	0.36	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.39	2.27E-01	
2.25	0.15	AR	0.10	0.12	0.21	0.00	0.11	0.32	0.23	0.19	0.20	0.09	0.11	0.11	0.17	0.13	0.15	1.79E-01	
2.43	0.16	MC(R&D)	0.17	0.13	0.29	0.12	0.27	0.29	0.10	0.09	0.09	0.08	0.10	0.10	0.15	0.24	0.21	2.25E-01	
2.21	0.15	OIV	0.20	0.00	0.33	0.14	0.31	0.00	0.24	0.20	0.21	0.19	0.00	0.11	0.00	0.14	0.12		
Ambiental		4	2.25	2.42	2.25	2.42	2.25	2.08	2.25	2.08	2.25	2.25	2.25	2.08	2.08	2.00	2.25		
2.43	0.16	OPS	0.30	0.16	0.00	0.34	0.37	0.39	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.27	0.30	2.49E-01	2.32
2.34	0.16	SV	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.39	0.00	0.28	0.30	0.30	0.15	0.28	0.19	0.13	0.15	4.04E-01	
2.28	0.15	PS(R&D)	0.41	0.22	0.41	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.41	2.11E-01	
2.41	0.16	AR	0.12	0.14	0.24	0.00	0.12	0.31	0.24	0.22	0.24	0.12	0.12	0.11	0.15	0.16	0.14	1.81E-01	
2.42	0.16	MC(R&D)	0.21	0.12	0.26	0.12	0.26	0.28	0.11	0.10	0.11	0.11	0.11	0.10	0.14	0.19	0.21	1.98E-01	
2.39	0.16	OIV	0.25	0.00	0.31	0.14	0.31	0.00	0.25	0.23	0.25	0.25	0.00	0.12	0.00	0.17	0.13		

Nuevas fuentes de energía																		
Tratamiento frontal de crudo																		
	1	2.25	2.75	3.58	3.50	3.92	3.17	3.33	2.17	2.50	2.83	2.67	3.67	3.00	3.25	2.83		
2.33	0.16 OPS	0.30	0.18	0.00	0.20	0.14	0.24	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.43	0.38	1.67E-01	2.44
2.60	0.17 SV	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.29	0.33	0.38	0.18	0.49	0.13	0.22	0.19	1.60E-01	
2.69	0.18 PS(R&D)	0.41	0.25	0.65	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	0.52	1.60E-01	
2.65	0.18 AR	0.12	0.12	0.38	0.00	0.21	0.19	0.35	0.23	0.26	0.15	0.14	0.19	0.11	0.09	0.11	2.03E-01	
2.32	0.15 MC(R&D)	0.21	0.13	0.13	0.07	0.10	0.17	0.16	0.10	0.12	0.13	0.13	0.17	0.10	0.31	0.27	2.23E-01	
2.27	0.15 OIV	0.25	0.00	0.16	0.08	0.12	0.00	0.37	0.24	0.28	0.31	0.00	0.20	0.00	0.10	0.16		
Separación y recuperación																		
	2	2.21	2.88	2.71	3.79	2.88	2.29	2.88	1.96	2.63	2.04	2.29	2.96	2.63	2.88	3.04		
2.46	0.16 OPS	0.29	0.19	0.00	0.16	0.28	0.36	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.41	2.11E-01	2.39
2.49	0.17 SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.26	0.35	0.27	0.15	0.39	0.16	0.19	0.20	2.90E-01	
2.45	0.16 PS(R&D)	0.40	0.26	0.49	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.55	1.89E-01	
2.46	0.16 AR	0.12	0.11	0.29	0.00	0.15	0.29	0.30	0.21	0.28	0.11	0.12	0.16	0.13	0.11	0.10	1.83E-01	
2.46	0.16 MC(R&D)	0.21	0.14	0.22	0.06	0.20	0.26	0.14	0.09	0.13	0.10	0.11	0.14	0.11	0.27	0.29	2.31E-01	
2.31	0.15 OIV	0.25	0.00	0.25	0.07	0.24	0.00	0.32	0.22	0.29	0.23	0.00	0.16	0.00	0.12	0.17		
Conversión de residuales																		
	3	2.21	2.88	2.71	3.21	2.71	2.79	2.46	2.54	2.54	2.21	2.63	2.04	2.29	2.71	2.71		
2.38	0.16 OPS	0.29	0.19	0.00	0.24	0.31	0.29	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.36	0.36	2.18E-01	2.36
2.40	0.16 SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.34	0.34	0.29	0.18	0.27	0.18	0.18	0.18	2.77E-01	
2.47	0.16 PS(R&D)	0.40	0.26	0.49	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.49	1.98E-01	
2.43	0.16 AR	0.12	0.11	0.29	0.00	0.14	0.23	0.26	0.27	0.27	0.12	0.14	0.11	0.14	0.12	0.12	1.85E-01	
2.41	0.16 MC(R&D)	0.21	0.14	0.22	0.09	0.22	0.21	0.12	0.12	0.12	0.11	0.13	0.10	0.13	0.26	0.26	2.03E-01	
2.33	0.16 OIV	0.25	0.00	0.25	0.10	0.25	0.00	0.27	0.28	0.28	0.25	0.00	0.11	0.00	0.13	0.15		
Ambiental																		
	4	2.17	2.67	2.33	2.17	2.17	2.17	2.67	2.00	2.17	1.83	2.17	2.08	2.17	2.17	2.67		
2.60	0.17 OPS	0.29	0.18	0.00	0.38	0.38	0.38	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.36	2.67E-01	2.33
2.27	0.15 SV	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.38	0.00	0.27	0.29	0.24	0.14	0.28	0.19	0.14	0.18	3.90E-01	
2.45	0.16 PS(R&D)	0.39	0.24	0.42	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.48	2.21E-01	
2.36	0.16 AR	0.11	0.12	0.25	0.00	0.11	0.30	0.28	0.21	0.23	0.10	0.11	0.11	0.15	0.15	0.12	1.76E-01	
2.47	0.16 MC(R&D)	0.21	0.13	0.25	0.13	0.27	0.27	0.13	0.10	0.10	0.09	0.10	0.10	0.13	0.21	0.25	2.01E-01	
2.39	0.16 OIV	0.24	0.00	0.30	0.16	0.31	0.00	0.30	0.22	0.24	0.20	0.00	0.12	0.00	0.16	0.15		
Combustibles líquidos a partir de gases																		
Síntesis de productos																		
	1	2.33	2.83	2.00	2.67	2.00	1.50	2.67	2.50	3.17	2.83	2.67	2.17	2.33	2.83	3.00		
2.81	0.19 OPS	0.31	0.19	0.00	0.31	0.40	0.47	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.40	2.21E-01	2.59
2.78	0.19 SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.33	0.42	0.38	0.18	0.29	0.18	0.19	0.20	3.89E-01	
2.53	0.17 PS(R&D)	0.42	0.26	0.36	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.52	0.55	1.99E-01	
2.56	0.17 AR	0.12	0.11	0.21	0.00	0.11	0.37	0.28	0.26	0.33	0.15	0.14	0.11	0.14	0.11	0.11	1.54E-01	
2.82	0.19 MC(R&D)	0.22	0.13	0.29	0.11	0.29	0.33	0.13	0.12	0.15	0.13	0.13	0.10	0.13	0.27	0.29	1.87E-01	
2.70	0.18 OIV	0.26	0.00	0.33	0.13	0.33	0.00	0.30	0.28	0.35	0.31	0.00	0.12	0.00	0.12	0.17		
Síntesis de productos líquidos																		

Sintesis de productos																			
		1	2.67	2.67	2.33	2.33	2.17	1.67	2.67	2.17	3.17	2.83	2.67	2.50	2.33	2.50	2.50		
2.73	0.18	OPS	0.36	0.18	0.00	0.36	0.38	0.44	0.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.33	2.22E-01	2.60
2.71	0.18	SV	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.29	0.42	0.38	0.18	0.33	0.18	0.17	0.17	3.84E-01	
2.55	0.17	PS(R&D)	0.48	0.24	0.42	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.45	1.89E-01	
2.64	0.18	AR	0.14	0.12	0.25	0.00	0.11	0.35	0.28	0.23	0.33	0.15	0.14	0.13	0.14	0.13	0.13	1.56E-01	
2.71	0.18	MC(R&D)	0.25	0.13	0.25	0.13	0.27	0.32	0.13	0.10	0.15	0.13	0.13	0.12	0.13	0.24	0.24	1.77E-01	
2.68	0.18	OIV	0.30	0.00	0.30	0.15	0.31	0.00	0.30	0.24	0.35	0.31	0.00	0.14	0.00	0.14	0.14		
Lodos aceitosos(g)																			
Separación y recuperación																			
		1	3.04	3.71	1.88	2.21	2.88	1.54	2.46	2.71	3.04	2.88	2.38	3.38	2.13	3.04	3.04		
2.91	0.19	OPS	0.41	0.25	0.00	0.37	0.28	0.46	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.41	0.41	1.64E-01	2.76
2.90	0.19	SV	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.46	0.00	0.36	0.41	0.38	0.16	0.45	0.19	0.20	0.20	2.46E-01	
2.84	0.19	PS(R&D)	0.55	0.34	0.34	0.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.55	1.77E-01	
2.62	0.17	AR	0.16	0.07	0.20	0.00	0.15	0.36	0.26	0.29	0.32	0.15	0.13	0.18	0.15	0.10	0.10	1.29E-01	
2.95	0.20	MC(R&D)	0.29	0.18	0.30	0.13	0.20	0.33	0.12	0.13	0.14	0.14	0.11	0.16	0.14	0.29	0.29	1.49E-01	
2.77	0.18	OIV	0.34	0.00	0.35	0.16	0.24	0.00	0.27	0.30	0.34	0.32	0.00	0.19	0.00	0.11	0.17		
Ambiental																			
		2	2.25	2.58	2.58	2.17	1.67	1.50	1.50	2.42	2.33	2.00	1.83	2.67	1.50	2.17	2.75		
2.62	0.17	OPS	0.30	0.17	0.00	0.38	0.44	0.47	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	0.37	2.36E-01	2.43
2.57	0.17	SV	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.32	0.31	0.27	0.12	0.36	0.23	0.14	0.18	3.84E-01	
2.52	0.17	PS(R&D)	0.41	0.23	0.47	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	0.50	2.12E-01	
2.43	0.16	AR	0.12	0.13	0.27	0.00	0.09	0.37	0.16	0.25	0.25	0.11	0.10	0.14	0.18	0.15	0.12	1.66E-01	
2.60	0.17	MC(R&D)	0.21	0.12	0.23	0.13	0.32	0.33	0.07	0.12	0.11	0.10	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	2.06E-01	
2.42	0.16	OIV	0.25	0.00	0.27	0.16	0.37	0.00	0.17	0.27	0.26	0.22	0.00	0.15	0.00	0.16	0.15		
Sistemas de Tratamiento y Remedación																			
Ambiental																			
		1	2.50	2.83	2.25	2.50	1.67	1.50	1.83	2.17	1.67	1.67	1.33	3.17	1.67	2.33	3.17		
2.74	0.18	OPS	0.33	0.19	0.00	0.33	0.44	0.47	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.42	2.47E-01	2.37
2.44	0.16	SV	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.29	0.22	0.22	0.09	0.42	0.22	0.16	0.21	3.85E-01	
2.58	0.17	PS(R&D)	0.45	0.26	0.41	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.58	2.31E-01	
2.27	0.15	AR	0.13	0.11	0.24	0.00	0.09	0.37	0.19	0.23	0.18	0.09	0.07	0.17	0.18	0.14	0.10	1.60E-01	
2.65	0.18	MC(R&D)	0.24	0.13	0.26	0.12	0.32	0.33	0.09	0.10	0.08	0.08	0.06	0.15	0.16	0.22	0.30	2.06E-01	
2.41	0.16	OIV	0.28	0.00	0.31	0.14	0.37	0.00	0.20	0.24	0.19	0.19	0.00	0.18	0.00	0.15	0.18		

BIBLIOGRAFÍA

Libros:

- Burgelman, Robert A, et al. *Strategic management of technology and innovation*. Irwin. 2º edition, 1996.
- Tidd, Joe, et al. *Managing Innovation, Integrating technological. Market and Organizational change*. WILEY, USA. 1997.
- Porter, Michael E. *Competitive Strategy: Techniques for analysing industries and competitors*. New York. Free Press. 1980.
- Cadena, Gustavo, et al. *Administración de proyectos de la innovación tecnológica*. Gernika. 1986.
- Philip, A. Roussel, et al. *Third Generation R&D*; HBS; 1991.
- Lowell W. Steele. *Managing Technology*. McGraw-Hill Engineering and Technology Management Series. Cap. 8. 1989
- Porter, Michael. *Competitive advantage: Creating and sustaining superior performance*. New York. 1985.
- Porter, Michael. *Estrategia competitiva: técnica para el análisis de los sectores industriales y de la competencia*. CECSA. 1987.
- Steiner, George A *Planeación estratégica, Lo que todo director debe saber*. CECSA, 1990.
- Makridakis, Spyros and Wheelwright. *Forecasting Methods for management*. Wiley. 1989.
- Rosenhead, Jonathan. *Rational Analysis for a Problematic World*. John Wiley. 1989.
- Miklos, Tomas. *Planeación interactiva: nueva estrategia para el logro empresarial*. Noriega.1993.
- Ackoff, Russell Lincoln. *Guía para controlar el futuro de la empresa*. Limusa. 1981.
- Fuentes Z., Arturo. *Las armas del estratega*. Propia del autor. 1998.
- Hellebust, Karsten G. *Planeación estratégica práctica*. Continental. 1995
- Ryan, Chuck Riggs. *Redefining the Product Life Cycle: The Five-Element Product Wave*. The Journal of Product Innovation Management, Volume: 14, Issue: 3, May, pp. 227-228, 1997.

- Pere, Scorsa. *Tecnología e innovación en la empresa: dirección y gestión*. Universidad Politécnica de Catalunya. 1997.
- Ashton, Bradford y Klavans, Richard A. *Keeping abreast of science and technology: technical intelligence for business*. Battelle. 1997

Artículos:

- Charles H. Willyard and Cheryl W. McCless. *Motorola's Technology roadmap process*; Research Management; September – October. 1987
- Pascal Bye, Jean-Jacques Chanaron. *Technology trajectories and strategies*; Jour. Technology management; Vol. 1. 10 No. 1, 1995
- William R. King. *Implementing Strategic Plans through Strategic Program Evaluation*; University of Pittsburgh, USA, 1979
- García Torres, Arturo. *Planeación estratégica y planeación tecnológica*; PROTEC, 4ª fase; 1991.
- Waissbluth, M., et al. *Elementos para una estrategia de desarrollo científico y tecnológico*. Ciencia y Desarrollo; Num. 45, México, pp88-105, 1982.
- *Optoelectronics group proposes action plan for multiple markets.*, Electronic News, Vol. 40 Issue 2011, p34, 1994.
- Sheridan, John. *More steel productivity gains ahead?*; Industry Week, Vol. 246 Issue 17, p86, 1997
- *Steel Industry Technology Roadmap moves ahead*. New Steel, Vol. 3 Issue 4, p18. 1997
- Groenveld, Pieter. *Roadmapping integrate business and technology*. Research Technology Management. Vol. 40 Issue 5, p48. 1997.
- Kurt, Yeager, and Gehl, Stephen. *Roadmapping the Technological Future of Electricity*. Electricity Journal. Vol. 11 Issue 10, p17. 1998
- De Tar, Jim. *SIA seeks international roadmap*. Electronic News. Vol. 44 Issue 2215, p1, 1998.
- Powers, Niel. *How to design a technology roadmap*. Industrial Distribution, Vol. 88. 1999.

- Gordon, T.J y Helmer, O. *Report on the long rang Forecasting Study*. The Rand corporation, Santa Ana Cal, 1964.
- Sheldon, B.E. *Strategic Planning for public library services in the twenty – fist century*. Journal of administration. Vol 11. pp 198 – 208. 1989
- Sutton, B. *Long range planning in public libraries. staff perspective*, Vol.15, pp 198-208. 1993.
- Jeffrey P. Shay and Franck T. Rothaernel. *Strategies for changing competition Dynamic competitive strategy: toward a multi – perspective conceptual framework*. Long Range Planning Vol. 32 No. 6 pp. 559 a 572, 1999.
- Bernard Taylor. *The Return of strategic planning; Once More With Feeling*. Long Range Planning Vol. 30, ISSUE 3, June 1997.
- Battelle, Memorial Institute. *Task 5: Scenarios –IMP Global Excellence Proyect*. Instituto Mexicano del Petróleo. Final report. Vol. 1, 1998.
- Battelle, Memorial Institute. *Task 5: Scenarios –IMP Global Excellence Proyect*. Instituto Mexicano del Petróleo. Final report. Vol. 2, 1998.
- Battelle, Memorial Institute. *Emerging Technology Road Map Task: Result of the Delphi Survey*, Final presentation to IMP, Septiembre, 1999.
- Zurcher, Robert. *Modeling Technology Transportations*. Office Naval Research; 1998

En línea:

<http://strategis.ic.gc.ca/SSG/fb01037ehtml>

<HTTP://IMTR.ORNL.GOV>

<http://www.semichips.org/news/events/itrs99/index.htm>

http://iel.ihs.com/cgi-bin/iel_cgi?sess=291132126&prod=IEL&page=%2fiel4%2f6092%2f16313%2f00760039%2epdf

http://www.oit.doe.gov/aluminum/aluminum_roadmap.shtml

<http://www.iec-electronics.com/techroadmap.htm>

<http://www.microsoft.com/education/vision/roadmap/default.asp>

http://www.epri.com/corporate/discover_epri/roadmap/index.html

<http://www.etcnyc.net/etecnews/tech/tech1.html>

<http://www.mips.com/pressReleases/110398B.html>

<http://www.itpolicy.gsa.gov/roadmap.htm>

<http://www.steel.org/mt/projects/nitrogen.htm>

<http://agate.larc.nasa.gov/Presentations/RoadmapJuly/index.htm>

http://oitdev.nrel.gov/aluminum/aluminum_roadmap.shtml

<http://www.cmc.ca/Corporate/5yearplan/Module1/mod1.0.html>