



UNIVERSIDAD AUTONOMA
METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO



CASA ABIERTA AL TIEMPO

"TRAYECTORIA TECNOLÓGICA DE
CATALIZADORES EN EL IMP. UN ANALISIS
DE PATENTES"

T E S I S

PARA OBTENER EL GRADO DE:
**MAESTRO EN ECONOMIA Y
GESTION DEL CAMBIO TECNOLÓGICO**
PRESENTADA POR:
BETHUEL CRUZ AGUILAR

ASESOR: DR. JAIME ABOITES AGUILAR.

MEXICO, D. F.

DICIEMBRE DE 1997

Agradecimientos

- ◆ Al Dr Jaime Aboites Aguilar quien contribuyó en la realización y dirección de esta tesis, por sus brillantes ideas y enseñanzas.
- ◆ Al Mtro. Mario Cavdevielle Allevato coordinador de la Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, por su enorme paciencia y apoyo incondicional.
- ◆ A la Dra. Tessy Ma. López Goerne por sus valiosos comentarios y alicientes palabras.
- ◆ Al Dr. José Francisco Hernández Beltran quien contribuyó en la revisión y comentarios de esta tesis.
- ◆ Al Dr. Mario Cimochi Escanda por sus amplios y vigorosos consejos.
- ◆ Al prof. Manuel Soria López por su apoyo constante en el inicio de éste trabajo.
- ◆ Al Ing. Oscar Bermúdez Mendizabal, Gerente de Catalizadores del Instituto Mexicano del Petróleo, por las finas atenciones que me brindó incondicionalmente y al personal del Departamento de Propiedad Intelectual del IMP, en la conformación y revisión de información.

A todos ellos mi agradecimiento.

Índice

Página

Introducción	
Capítulo I. Marco Teórico	1
I.1 El Enfoque Económico de la Tecnología	3
I.2 Paradigmas y Trayectorias Tecnológicas	5
I.3 Características de las Trayectoria Tecnológica	6
I.4 Algunas investigaciones realizadas sobre Trayectorias Tecnológicas	7
I.5 Síntesis Acumulativa	9
I.6 Factores Económicos e Institucionales que afectan los Senderos Tecnológicos	11
I.7 Sistemas Socioeconómicos y Redes de IyD.	15
Capítulo II. La IyD sobre Catalizadores en el IMP	22
II.1 Función de los grupos de investigación del área de Catalizadores del IMP	25
II.2 Líneas de Investigación	27
II.3 Proyectos de IyD	28
II.4 Relación Pemex-IMP-Socios Tecnológicos	30
II.5 Mercado con que cuenta el área de Catalizadores del IMP	31
II.6 Adquisición de Catalizadores IMP	32
II.7 Ciclos Tecnológicos	35
II.8 Programa de IyD Tecnológico	35
Capítulo III. La trayectoria Tecnológica de Catalizadores	39
III.1 Metodología	40
III.2 Representación de la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores IMP	42
III.3 Actividad Inventiva de Catalizadores IMP	49
III.4 Fuerzas que operan en la dirección del desarrollo tecnológico.	67
Capítulo IV. Conclusiones	79
Anexo A. Catalizadores	82
A.1 Introducción a los Catalizadores y su Importancia	82
A.2 Desarrollo de Catalizadores en la Industria Petrolera	89
A.3 Patentamiento de Catalizadores por el IMP	101
Anexo B. Patentamiento en el Campo de la Química en la Industria Nacional	109
B.1 Análisis de Sectores Tecnológicos de la Química por Patentes otorgadas a Titulares Nacionales	109
B.2 Análisis por Sectores en el Campo de la Química	117
Anexo C. Cuadros	132
Bibliografía.	137

Introducción

El propósito de la investigación que aquí se presenta es describir y analizar, tomando como base la teoría evolucionista, la actividad innovadora de la Industria Química en México y caracterizar la *Trayectoria Tecnológica de los Catalizadores**; utilizando como indicador fundamental las patentes registradas por el Instituto Mexicano del Petróleo.

El período de análisis abarca de 1980 a 1995. Las fuentes consultadas para analizar las patentes fueron tres: a) el Banco Nacional de Patentes (BANAPA, 1980-1992); b) el Banco de Datos de PATMEX (1980-1992), disponible en el Departamento de Producción Económica UAM-X y c) el Departamento de Propiedad Intelectual del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), del cual se seleccionó la información correspondiente al patentamiento realizado entre 1986 y 1995.

Este trabajo emplea las patentes como indicador para mostrar los cambios tecnológicos registrados en el área de catálisis que describe la trayectoria tecnológica de estos productos químicos. Esta tarea resulta significativa por tres razones: 1) las actividades de IyD y progresos tecnológicos dentro del área de catálisis son considerados de gran importancia para sectores claves dentro de la economía, en particular de la industria petroquímica (entendiéndose ésta como la relacionada con el procesamiento de crudos y sus derivados); 2) el actual entorno y tendencias en la industria de refinación demandan mayor conversión de energéticos con mejor calidad técnica y ecológica; la explotación de procesos catalíticos, permiten satisfacer demandas y calidad de productos de refinación, así como proporcionar mayor valor agregado al petróleo crudo en condiciones de rentabilidad aceptable; y 3) son escasas las investigaciones cuyo eje describa, para el caso de México y de la industria química, la forma como en un proceso se han realizado mejoras tecnológicas.

* Los catalizadores son sustancias químicas que tienen la propiedad de acelerar o retardar la conversión química y permitir la obtención preferencial de ciertos productos, reduciendo al mínimo la formación de subproductos indeseables, es decir obtener mayores rendimientos de un producto más puro en menos tiempos de reacción.

La hipótesis sustentada parte de considerar que las patentes registradas para el caso de los catalizadores constituyen un instrumento analítico a través del cual es posible identificar las modificaciones y las mejoras generadas en los procesos químicos. Además, el análisis de la evolución de las patentes constituye un medio que hace posible describir y entender los problemas, las soluciones, los intercambios y complementariedades tecnológicas que se generan en torno a la actividad innovativa en procesos químicos. En este caso de procesos catalíticos. Asimismo, se parte del hecho que el Instituto Mexicano del Petróleo constituye la principal organización que actualmente ha liderado la Investigación y el Desarrollo de los catalizadores en México. Este liderazgo, hasta antes de los ochentas, estuvo basado en la asimilación y apropiación de tecnologías externas, pero en la actualidad es cada vez mas, el resultado de capacidades tecnológicas propias, que en particular el IMP ha desarrollado a través de la acumulación de conocimientos y experiencias.

No obstante que se reconoce que las patentes tienen limitaciones como instrumento que nos permita entender el Cambio Tecnológico o las actividades de Investigación y Desarrollo (I&D), en esta tesis fué posible identificar el agrupamiento de las invenciones realizadas en el caso de los catalizadores, así como caracterizar los elementos que lo conforman. A partir de dicho agrupamiento se identificó y se estableció un orden en la sucesión de patentes de catalizadores, este "cluster conforma una de las Trayectorias Tecnológicas** del actual paradigma de la Industria Petrolera, principal fuente de energéticos en México.

Las partes que conforman este trabajo son cuatro. En el primer capítulo se presenta el marco teórico que apoya la investigación; fundamentalmente se abordan los conceptos utilizados por la teoría evolucionista: *Paradigma*, *Trayectoria Tecnológica*, *Aprendizaje Tecnológico*, *Redes e Instituciones*, entre otros. En el segundo capítulo se expone, a grandes rasgos, la dinámica de Investigación y Desarrollo (IyD) del área de catalizadores desarrollada por el IMP; se consideran sus actuales líneas de investigación, su mercado y la relación IMP con sus proveedores ("Socios Tecnológicos"). El tercer capítulo, el más importante, tiene como meta identificar y presentar las principales variables que sustentan la trayectoria tecnológica de los

** Otras Trayectorias Tecnológicas están relacionadas con el upstream y downstream que conforman el Paradigma Tecnológico de la Industria Petrolera, por ejemplo: a) Exploración y Producción de Yacimientos Petrolíferos; b) Automatización en Procesos Petroquímicos, b) Procesamiento en Química Fina; etc..

catalizadores químicos durante 1980-1995. El cuarto capítulo **presenta las conclusiones** destacándose los resultados más importantes de la investigación.

Posteriormente, se presentan tres anexos. En el anexo "A" se integró la importancia actual y estratégica de los catalizadores para la industria de la **transformación industrial** del petróleo, específicamente de **refinación**. En este apartado también se presenta el desarrollo tecnológico de catalizadores **nacionales por parte del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP)** y además se **analizan los documentos de patentes otorgadas a titulares nacionales en el área de catalizadores, del campo de la química en México.**

En el anexo B, "*Patentamiento en el Campo de la Química en la Industria Nacional*", es la base empírica fundamental que nos permitió desarrollar la investigación; de los ocho sectores técnicos que conforman el patentamiento en el campo de la química de la industria nacional se describe **cuántas**, de las de las 435 patentes otorgadas en la química, correspondieron a **productos y procesos que involucran catalizadores.**

Por último, en el anexo C se presentan los ocho sectores técnicos y las respectivas **clasificaciones inventivas** que conforman el campo de la química. A **partir de esta clasificación,** se realizó la búsqueda, **selección y análisis respectivos.**

Capítulo I

Marco Teórico.

El propósito de éste capítulo es presentar los conceptos básicos y la perspectiva teórica que apoye ésta investigación sobre *Trayectorias Tecnológicas*.

La estrecha relación entre lo tecnológico y lo económico forman parte de sistemas productivos que comprende patrones de necesidades, principios científicos, experiencias y conocimientos que permiten el desarrollo económico de sectores industriales.

La teoría evolucionista determina que patrones de cambio técnico sugieren la existencia de paradigmas y trayectorias tecnológicas en diversos sectores económicos, directamente asociados a capacidades tecnológicas y a la actividad selectiva y acumulativa de desarrollos innovativos de las organizaciones. Desde esta perspectiva las capacidades tecnológicas de una organización son consideradas como las habilidades y el conocimiento necesarios para desarrollar, producir y vender productos. La actividad innovadora es por lo tanto concebida como la realización de esa capacidad para generar y comercializar nuevos y mejores productos y procesos de producción.

La innovación y mejoramiento suceden por acumulación de conocimientos, habilidades y experiencias que sobrevienen a través del aprendizaje por medio de la práctica, y generalmente está incorporado en la gente y en las organizaciones; lo mismo puede decirse para la IyD, la cual está generalmente vinculada, a actividades productivas de las organizaciones.

El capítulo se conforma de siete secciones:

1. En la sección I.1 se presenta el concepto de tecnología como el proceso de incorporación progresiva de conocimientos y habilidades organizacionales que se distingue por su carácter acumulativo, personalizado e interactivo que incorpora nuevos hallazgos, interpretaciones y nuevos conocimientos.

2. En la sección I.2 se presenta el concepto de paradigmas y trayectorias tecnológicas que comprende el conjunto de métodos, principios y estrategias que dominan la forma de hacer y de pensar en la actividad innovadora de las organizaciones.
3. En la sección I.3 se presentan las características de lo que se considera una *Trayectoria Tecnológica*. Se destaca que el patrón de agrupamientos tecnológicos que anteceden de manera continua los avances o desarrollos tecnológicos, es matizado por un conjunto de características definidas sobre la base de paradigmas tecnológicos.
4. En la sección I.4 se revisan dos trabajos sobre trayectorias tecnológicas: **Trayectorias Tecnológicas en la Manufactura** (Aboites J., 1992) y **Testing a Model of Technological Trajectories** (Marchi M., et al 1996), con el propósito de conocer que se ha hecho respecto al tema. El primero plantea el propósito de caracterizar las distintas trayectorias tecnológicas de las empresas de la industria refresquera nacional. El segundo trabajo se prueba un modelo cuantitativo de pronóstico tecnológico, basado en la taxonomía de Pavitt K. (1984).
5. En la sección I.5 se presenta la teoría de síntesis acumulativa que aporta una teoría unificada de los procesos sociales mediante los cuales surgen cosas nuevas, suficientemente amplia para abarcar el conjunto de actividades caracterizadas por los términos de ciencia, invención e innovación. A partir de esta concepción se diseña la gráfica que representa la trayectoria tecnológica de catalizadores en la industria de refinación en México y que será presentada en el capítulo III (sección III.2).
6. En la sección I.6 se presentan los factores que afectan los senderos tecnológicos ; donde el factor institucional, la adopción y elección de los agentes económicos juegan un papel determinante en el direccionamiento y velocidad de la actividad innovativa.
7. En la sección I.7 se destaca que la estrecha vinculación que existe entre los sistemas socioeconómicos que conforman redes de IyD tecnológico y que constituyen un elemento importante en el actual paradigma científico.

1.1 El enfoque Económico de Tecnología.

La teoría económica convencional define usualmente a la tecnología como un conjunto dado de combinaciones de factores productivos: el trabajo y el capital; el progreso técnico es generalmente definido en términos de posibilidades de movimientos de la curva de producción y/o como isocuantas. En este esquema teórico neoclásico el cambio tecnológico es un fenómeno externo y discontinuo, no tiene precio y es fácil de adquirir.

Schumpeter (1944) fue uno de los primeros teóricos en criticar la visión anterior. Para dicho autor la tecnología involucra cinco elementos: a) nuevos procesos, b) nuevos productos, c) estructuras organizacionales de mercado, d) nuevos mercados y e) nuevas materias primas. Desde este punto de vista, la competencia observada entre los capitalistas genera un estado continuo de cambio y de innovaciones. La mejora y la innovación son actividades continuas y no un acontecimiento único y estático.

La definición de tecnología es realmente mucho más compleja. Comprende un conjunto de partes de conocimientos directamente prácticos (relacionados a problemas concretos) y teóricos (aplicables y/o aplicados), know-how, métodos, procedimientos, experimentos (prueba y error), y por supuesto, instrumentos físicos y equipos. Además la tecnología comprende una parte incorporea que involucra pericia, la acumulación de experiencias de intentos pasados y viejas soluciones tecnológicas, junto con el conocimiento y los logros del estado del arte; ésta no es en absoluto un bien libre de uso, sino que presenta una componente de aprendizaje e investigación especialmente significativa (Dosi, G.1982 y Cimoli M. et al. 1992). Desde esta perspectiva, la tecnología es un proceso autogenerado de incorporación progresiva de conocimientos y habilidades organizacionales procedentes de diversas fuentes que se distinguen por su carácter acumulativo, personalizado e interactivo que incorpora continuamente nuevos hallazgos, nuevas interpretaciones y conocimientos.

Si bien la tecnología involucra aprendizaje, no todo proceso de aprendizaje genera mejoras tecnológicas, pues el conocimiento y habilidades adquiridos y acumulados durante la experiencia pueden no estar encaminados a la realización de estas mejoras o en su defecto este proceso puede verse obstaculizado en su aplicación. El aprendizaje es un proceso interactivo

considerando su contenido, tasa y dirección; éste es promovido por el conjunto de instituciones establecidas en una economía.

Es considerado por lo tanto que una cantidad significativa tanto en innovación y mejoramiento en IyD suceden a través del aprendizaje.

B. Johnson (1992) menciona que cuando la economía es comprendida más como causada por procesos de comunicación y acumulación que como un sistema en equilibrio, en términos neoclásicos, el aprendizaje puede ser conceptualizado como un recurso de la innovación; en general, como una componente de la tecnología. Desde este punto de vista, la investigación y el aprendizaje son dos actividades estrechamente interrelacionadas, en las cuales, los hábitos de búsqueda, las rutinas y los hábitos del pensamiento son importantes elementos en las actividades de producción que pueden ser consiente y sistemáticamente monitoreadas y controladas, generando un incremento en el procesos de innovación.

Como tal la componente de aprendizaje se caracteriza por la variación que este proceso puede generar en tres ámbitos: i) la *oportunidad*, se refiere a las motivaciones que la innovación puede ofrecer mediante cada uno de los paradigmas tecnológicos, y a la mayor o menor facilidad con que pueden alcanzarse nuevos avances tecnológicos; ii) la *apropiabilidad*, se relaciona con la capacidad de los agentes innovadores para interiorizar algunos de los beneficios económicos derivados del progreso técnico y iii) la *acumulabilidad*, enfatiza la sumatoria de los avances tecnológicos y determina la capacidad de la empresa; al quedar fuertemente condicionada por la naturaleza acumulativa del progreso técnico (Nelson y Winter, 1982; y Dosi G. y Cimoli M, 1992).

Desde la visión evolucionista, el conocimiento generado se acumula por distintas vías: las reglas, las tradiciones, las costumbres, las normas y los hábitos; estos elementos, en su conjunto, ayudan a transferir el conocimiento de una generación a otra (ver Nelson R., Winter S. 1982, *An evolutionary theory of economic chance*, Harvard University press, Cambridge, M.A.)

1.2 Paradigmas y Trayectorias Tecnológicas.

Un paradigma científico comprende el conjunto de métodos, principios y estrategias que dominan la forma de hacer y de pensar de una actividad determinada. Según Kuhn (1988), *el éxito de un paradigma es al principio, en gran parte una promesa de éxito discernible en ejemplos seleccionados y todavía incompletos. La ciencia normal consiste en la realización de esa promesa, una realización lograda mediante la ampliación del conocimiento de aquellos hechos que el paradigma muestra como particularmente reveladores, aumentando la extensión del acoplamiento entre esos hechos y las predicciones del paradigma por medio de la articulación ulterior del paradigma mismo*".

Dosi G., et al (1982) han sugerido que paralelamente a paradigmas científicos existen paradigmas tecnológicos; los procesos de cambio tecnológico son actividades que se desarrollan según trayectorias precisas y que se interrelacionan mediante una serie de elementos de discontinuidad asociados con la aparición de nuevos paradigmas tecnológicos. En amplia analogía con la definición de Kuhn (1988), Dosi conceptualiza un paradigma tecnológico como un patrón de solución a problemas selectos, basados en principios altamente selectos, derivados de conocimientos y experiencia previos. La identificación de un paradigma tecnológico relaciona las tareas o trabajos genéricos a los que se está aplicando, a los materiales que la tecnología selecciona, a las propiedades físicas y químicas que se están explotando y se enfoca a las dimensiones económicas y tecnológicas. Una vez dadas las dimensiones tecnológicas y económicas, es también posible obtener una idea de progreso como las mejoras de los intercambios relacionadas a estas dimensiones. Por consiguiente un paradigma tecnológico materializará una fuerte y determinante prescripción sobre la dirección de cambio técnico a perseguir ". *La hipótesis crucial es que las actividades innovadoras son fuertemente selectivas, y terminan en direcciones precisas muy precisas, a menudo acumulativas*" (Dosi et al., 1993 pag 99).

Cuando una trayectoria ha sido seleccionada y establecida, se muestra su momentum propio, el cual contribuye a definir las direcciones hacia el cual la "actividad solucionadora del problema" se mueve; estas actividades que dan solución a los problemas" también son denominadas "trayectorias naturales de progreso técnico" (Nelson & Winter, 1982). Así, una

trayectoria tecnológica, se define como el progreso tecnológico a lo largo de las transacciones del comercio, económicas y tecnológicas, es decir, es el conjunto de actividades encaminadas a solucionar problemas “normales” determinados por un paradigma, que pueden ser representados por el movimiento de intercambios multi-dimensionales entre las variables tecnológicas, las cuales el paradigma las define como relevantes.

1.3 Características de las Trayectorias Tecnológicas.

La definición de trayectoria tecnológica está directamente vinculada al patrón o sendero de la actividad innovativa de la organización. Este patrón presenta la sucesión ordenada y continua de agrupamientos de invenciones o innovaciones de productos, procesos, campos tecnológicos y desarrollo organizacional. En los cuales se muestra las tendencias, y el marco de escenarios que anteceden de manera continua los avances o desarrollos tecnológicos de la organización y la interrelación de sus elementos

Dosi et al (1982) han enmarcado las siguientes características de Trayectorias Tecnológicas: existen trayectorias que pueden ser muy generales ó muy circunscritas, al igual que muy poderosas ó muy débiles.

- Hay trayectorias que generalmente son entre ellas complementarias; como veremos en el Capítulo II, en la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores existe una fuerte complementariedad de diferentes conocimientos, disciplinas, experiencias y habilidades entre el inseparable binomio Catalizador-Proceso Químico.
- Se puede definir como la “frontera tecnológica” el mas alto nivel alcanzado a lo largo de un sendero tecnológico con respecto a las relevantes dimensiones tecnológicas y económicas.
- El progreso sobre una trayectoria tecnológica es probablemente para retener ó conservar algunas características acumulativas: la probabilidad de futuros avances, en este caso, está relacionada con la posición que se ocupa respecto a la frontera tecnológica existente.
- Especialmente cuando una trayectoria es muy poderosa, puede ser complicado cambiar a una trayectoria alternativa. Más aún, cuando alguna comparabilidad es posible entre las dos

(por ejemplo, cuando estas tienen alguna dimensión en común), la frontera sobre la trayectoria alternativa o nueva podría estar muy detrás de lo que está la vieja trayectoria, respecto a alguna ó todas las dimensiones en común. Es decir, cada vez que cambia el paradigma tecnológico inicia una nueva actividad en la solución de problemas. De hecho los cambios de paradigma son los que dictan los grandes saltos tecnológicos (ver Pérez C. 1992)

1.4 Algunas Investigaciones realizadas sobre Trayectorias Tecnológicas.

En esta sección se revisan dos trabajos sobre trayectorias tecnológicas: el primero, se titula *Trayectorias Tecnológicas en la Manufactura* (Aboites J., 1992) y, el segundo, *Testing a model of technological trajectories* (Marchi M., et al., 1996).

La investigación de Aboites J. (1992) se realizó a nivel microeconómico, en empresas de la industria embotelladora de refrescos y aguas gaseosas nacional; ésta parte del supuesto de que toda firma tiene explícita e implícitamente una estrategia tecnológica, la cual en el largo plazo determina su trayectoria tecnológica. La hipótesis sustentada en esta investigación plantea que si bien el flujo de tecnología externa alimenta a las empresas nacionales, existe en su seno factores que le añaden peculiaridades significativas a sus procesos productivos. Por tal razón, el cambio tecnológico en las empresas embotelladoras mexicanas se rezaga respecto de la dinámica tecnológica de ésta industria en los países industrializados.

Algunas de las conclusiones del trabajo citado son: primero, "en la industria embotelladora se detecta una larga fase de adquisición e incorporación de tecnología que se inicia conjuntamente con el nacimiento de la industria refresquera y que se extiende hasta nuestros días, en otras palabras, la fase de adquisición e incorporación de tecnología para esta industria es un proceso no clausurado" (pag 154).

Segundo, "en la actualidad y a lo largo de las últimas seis décadas existe una constante asimilación y aprendizaje de la tecnología transferida del exterior; prueba de lo anterior es la magnitud del segmento endógeno de la maquinaria y equipo periférico producido por empresas nacionales" (pag 155).

Marchi M. et al., (1996) elaboran un modelo cuantitativo de pronóstico tecnológico, basado en la taxonomía de Pavitt; en el cual se emplearon datos proporcionados por la Oficina Central de Italia (ISTAT), del Consejo nacional de Investigación de Italia (CNR) y de una encuesta sobre innovación tecnológica, realizada a la industria de la manufactura Italiana. Los autores anteriores suponen que las firmas típicas muestran un comportamiento innovador, es decir, un proceso de prueba y error que les permite sobrevivir. Este supuesto es considerado de "selección natural" y se originó por mecanismos de mercado; tal suposición es particularmente razonable cuando las actividades innovadoras son consideradas de crucial importancia en el éxito de las firmas en una economía de mercado (Schumpeter, 1942).

Las suposiciones del modelo de trayectoria tecnológica de Marchi M. et al. son las siguientes:

- i) Las características sectoriales persistentes de innovación que surgieron en el pasado,
- ii) Las oportunidades tecnológicas sectoriales son percibidas por los empresarios en el presente.

A partir de estas suposiciones puede explicar los patrones innovativos típicos de la actividad innovadora, en grupos de industrias que muestran características similares y estrategias innovadoras típicas elegidas por los empresarios. Sin embargo, la variabilidad de comportamientos específicos de las firmas dentro de los sectores queda fuera de la explicación matemática del modelo propuesto.

Los autores citados transforman la descripción de cada modelo propuesto por Pavitt hacia uno cuantitativo y único, concerniente a cada patrón en el tiempo; Marchi M. et al miden la trayectoria tecnológica como la relación entre el número de productos de innovación y las innovaciones de proceso únicamente destinadas a reducir el costo de comercialización de los productos. Los resultados cuantitativos de dicho modelo fueron uniformes con la evidencia

empírica, no obstante, solo uno de ellos demostró apenas ser consistente desde un punto de vista estadístico; lo cual parece indicar que el modelo de Pavitt es consistente solo con los datos e información disponibles del banco de datos sobre invenciones británicas del SPRU, pero no se aplica como un modelo general de actividad innovativa.

El modelo en cuestión demuestra que la variabilidad del comportamiento innovador a nivel de firmas es continua y, por lo tanto, la tarea es más desafiante en el sentido de buscar teorías útiles sobre modelos de innovación tecnológica. Por lo tanto, Marchi M. et al. concluyen confirmando que la variabilidad en el comportamiento innovador de las firmas es extremadamente determinante y complejo. Por tanto, los propósitos de análisis económicos necesitan de modelos realistas y precisos con estrategias adaptables que las firmas seleccionan en el proceso de innovación tecnológica, pues actualmente la mayoría de los modelos disponibles de comportamiento innovador de las empresas presentan una estructura totalmente simple, los cuales descansan sobre suposiciones muy básicas, e identifican muy pocas variables explicativas tales como el tamaño ó concentración del mercado (véase Sherer, 1993).

1.5 Síntesis Acumulativa.

El propósito de ésta sección es presentar la concepción teórica a partir de cual podamos diseñar una gráfica de trayectorias tecnológicas, cuestión que se aplicará en la realización del diagrama de catalizadores que presentaremos en el capítulo III (sección III.2).

El diseño del diagrama de Trayectoria Tecnológica se sustenta a partir de la concepción de invención de Usher (1955), en el marco del proceso de síntesis acumulativa de inventos. Este autor define la invención en términos del surgimiento de cosas nuevas que requieren de "actos de intuición", los cuales trascienden el ejercicio normal de la habilidad técnica: "los actos de habilidad incluyen todas las actividades aprendidas, ya sea el proceso de aprendizaje, el logro de un individuo adulto aislado ó una respuesta a la instrucción impartida por otros individuos. Los actos inventivos de intuición son actividades no aprendidas que se traducen en organizaciones nuevas del conocimiento y la experiencia anteriores. Tales actos de intuición surgen con frecuencia en el curso de la realización de actos de habilidad, aunque el

acto de intuición es inducido típicamente por la percepción consciente de una brecha insatisfactoria en el conocimiento o modo de acción.” (Usher, 1955)

El interés de Usher por el estudio de los inventos, afronta la cuestión: ¿Cómo explicar el surgimiento de los eventos por oposición a los actos de habilidad? e identifica tres enfoques generales a este problema:

a) El *enfoque trascendentalista* atribuye el surgimiento de la invención a la inspiración del *genio ocasional* que de tiempo en tiempo logra un conocimiento directo de la verdad; se rechaza por antihistórico.

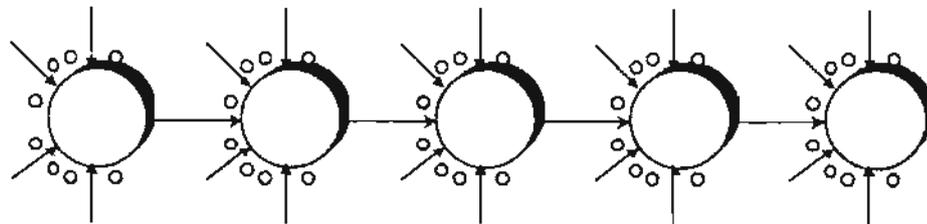
b) El *mecanicista*. Usher sostiene que tal enfoque pasa por alto la importancia de las discontinuidades inherentes al proceso de invención y que los actos de intuición requeridos para superar una discontinuidad o resistencia particular son posibles para un número limitado de individuos que operan en condiciones que producen una conciencia del problema y también de los elementos de una solución dentro de su marco de referencia.

c) El enfoque de *síntesis acumulativa*. En este marco, los grandes inventos se conciben como originados en la síntesis acumulativa de inventos relativamente simples, cada uno de los cuales requiere de “un acto de intuición” individual. El acto de intuición que se traduce en la percepción de una relación nueva requiere un acondicionamiento muy específico de la mente en el marco del problema que vaya a resolverse.

En el caso del invento individual se describen cuatro pasos: 1) *la percepción del problema*, en que se capta un patrón ó método de satisfacción de una necesidad que resulta incompleto ó poco satisfactorio; 2) *el arreglo del escenario*, se reúnen los elementos ó los datos necesarios para una solución mediante alguna configuración particular de los eventos ó ideas; entre los elementos de la solución se encuentra un individuo que posee habilidad suficiente para manipular los demás elementos; 3) *el acto de intuición*, en el cual se encuentra la solución esencial del problema; este proceso está rodeado de grandes elementos de incertidumbre; es esta variabilidad la que hace imposible el pronóstico de la cronología ó la configuración precisa de una solución por adelantado y 4) *la revisión crítica*, donde las relaciones recién percibidas se entienden plenamente y se acomodan efectivamente dentro del contexto total al que pertenecen; cuestión que requiere de nuevos actos de intuición (Usher 1955)

Desde esta perspectiva, un invento grande o estratégico representa la síntesis acumulativa de muchos inventos individuales.

Proceso de Síntesis Acumulativa



El proceso de Síntesis Acumulativa. Un ciclo completo del invento estratégico. Los círculos grandes representan pasos en el desarrollo de un invento estratégico; los círculos pequeños representan elementos individuales de novedad; las flechas representan elementos familiares incluidos en la nueva síntesis.

Muchos de los inventos individuales no hacen otra cosa que preparar el escenario para el invento mayor y nuevos actos de intuición son nuevamente esenciales cuando el invento mayor requiere una revisión crítica sustancial para su adaptación a usos particulares.

La teoría de Usher de la síntesis acumulativa aporta un enfoque mediante el cual nacen cosas nuevas, suficientemente amplias para abarcar el conjunto de actividades caracterizadas por los términos de ciencia, invención e innovación.

1.6 Factores Económicos e Institucionales que afectan los senderos Tecnológicos.

La teoría evolucionista define usualmente a la tecnología como un proceso acumulado de mejoras o cambios radicales donde el factor institucional, y la adopción y elección de los agentes juegan un papel determinante en el direccionamiento de senderos o trayectorias tecnológicas, como se analiza en ésta sección.

El Factor Institucional.

Una institución comúnmente hace referencia a sociedades y organizaciones donde se acumulan y reproducen conocimientos, experiencias y habilidades a través de la regularidades en el comportamiento que son específicas a un lugar y un tiempo. Las formas simples de regularidades del comportamiento son los hábitos, normas, costumbres, tradiciones, reglas y

leyes, las cuales, además de regular a los individuos y los grupos colectivos, son importantes en el análisis económico porque se relacionan con un conjunto amplio de comportamientos rutinarios dentro de la economía. La característica común de estas rutinas es que, una vez institucionalizadas a través de la cultura, pueden alejar o crear inercias en el cambio tecnológico.

Para Dosi G. (1982), el papel de los factores económicos institucionales deben ser considerados en mayor detalle; por lo tanto, el primer paso es la "selección" que opera en cada nivel que va de la investigación a la producción, relacionando los esfuerzos tecnológicos entre posibles senderos, sobre el fundamento de criterios, tales como la (1) viabilidad, (2) comerciabilidad y (3) rentabilidad. Otras variables que probablemente entran en juego son: (4) el interés económico de la organización involucrada en la I&D en estas nuevas áreas tecnológicas, (5) la historia tecnológica de la organización, (6) el área de su "expertise" y (7) las variables institucionales, tales como agencias públicas, militares, etc.

Los siete factores anteriores operan como fuerzas dirigidas sobre direcciones definidas en el desarrollo tecnológico, particularmente el papel frecuentemente desempeñado por fuerzas políticas en el establecimiento de una trayectoria tecnológica. Aún cuando existe un significativo enfoque institucional ocurre un proceso incierto de búsqueda, para las diferentes posibilidades tecnológicas, con diversas organizaciones, firmas y agencias individuales sobre diferentes soluciones tecnológicas.

El costo de ahorro de la capacidad de la nueva tecnología, en particular el ahorro de la mano de obra, puede considerarse como un octavo factor que puede influir en las trayectorias tecnológicas. Esto es consistente con la sugerencia de Nelson & Winter de "trayectorias naturales", hacia la mecanización y explotación de economías de escala y la cuasi-

¹Véase por ejemplo a Paul David (*Clio and the Economics of QWERTY*, 1985). Una de los elementos históricos que influyó en la adopción del sistema de teclado QWERTY (el autor demuestra que existieron mejores innovaciones de tecnologías alternativas al QWERTY) fue la técnica estrechamente vinculada a la necesidad de un sistema compatible entre el hardware del teclado y el software, representado por la memoria de los mecanógrafos en el toque de un arreglo particular de teclas. En resumen para los fabricantes y compradores de máquinas de escribir, este sistema involucró a operadores que fabricaban las máquinas y a la variedad de organizaciones en cuyos hábitos y habilidades habían adoptado el sistema de hardware del QWERTY, lo cual significó que el esperado valor presente de una máquina de escribir, como un instrumento de producción, dependía de la disponibilidad del software compatible, creado por las decisiones de los mecanógrafos así como el tipo de teclado que ellos habían aprendido.

irreversibilidad de la inversión. Ciertamente en sociedades donde el conflicto industrial y el conflicto sobre la distribución del ingreso son características estructurales, la sustitución de máquinas por trabajo debe ser un poderoso determinante en la búsqueda ó investigación de procesos para nuevas tecnologías así como la infraestructura necesaria. Generalmente los patrones de conflictos sociales e industriales operan dentro del proceso de selección de nuevos paradigmas tecnológicos.

El noveno elemento que afecta la dirección de senderos tecnológicos es el mercado; en el cual se excluyen los posibles desarrollos o bien se seleccionan las tecnologías en donde la participación de las empresas depende en gran medida de la diferenciación del producto; ésta última variable afecta el desempeño competitivo en mercados nacionales como internacionales. El mercado opera como un mecanismo seleccionador, generalmente entre un rango de productos ya determinados por el amplio patrón de selección de la tecnología por el lado de la oferta.

Dosi G. (1982) considera que la selección final de mercado puede ser comparado a la selección del medio ambiente sobre mutaciones. Por su parte, Arthur W.B (1988) menciona que cuando una nueva Ingeniería ó posibilidad económica está por llegar, usualmente existen varias posibilidades en la forma en como se lleve a cabo; por ejemplo, después de 1890, el motor pudo haber sido impulsado por vapor, gasolina o bien por baterías eléctricas. En cambio, actualmente la energía nuclear puede ser generada ya sea por "vapor de agua", "gas subenfriado", "agua pesada" o por reactores de "sodio subenfriado" y la energía solar puede ser generada por tecnologías de silicón-cristalino ó silicón amorfo.

En cada caso se observa que éstos métodos ó tecnologías se encuentran "compitiendo" por un mercado de adoptadores. Las cuales pueden competir inconsciente ó pasivamente; al igual que las especies compiten biológicamente, esto si ocurre que la "adopción" de una tecnología desplaza ó excluye adopciones de sus rivales. La atractitividad incremental causada por la "adopción", ó "elecciones incrementales en adopción", pueden surgir de varias fuentes:

1. *Learning by Using* (Rosemberg N., 1982). Frecuentemente una tecnología es mayormente adoptada, es mayormente usada y la más aprendida; por consiguiente se desarrollará y mejorará más que otras. Este tipo de aprendizaje se asocia a las sugerencias que los

consumidores hacen a los proveedores después de haber adquirido y utilizado intensivamente, y en distintas ocasiones, los productos adquiridos en el mercado.

2. *Redes de Externalidades (Katz y Shapiro, 1985)*. Frecuentemente una tecnología ofrece ventajas, por estar de acuerdo ó "acompañar" a otras tecnologías con otros adoptadores de ésta-, perteneciendo a una red de usuarios. Por ejemplo, la tecnología del video VHS, es un adoptador de los beneficios de una mayor variedad y disponibilidad de productos de tecnologías afines.
3. *Economía de Escala en la Manufactura*. Frecuentemente cuando una tecnología está materializada en un producto, el costo del producto desciende conforme se incrementa el número de unidades que son producidas de ésta. Así la tecnología puede llegar a ser más atractiva en precio, conforme se incremente su "elección".
4. *Retornos Crecientes en Información ó Conocimientos*. Regularmente, la tecnología más usada disfruta de las ventajas de ser mejor conocida y mejor entendida. Debido a la aversión de riesgo, la adopción ó elección de ésta llega a ser más atractiva si ocurre que tal tecnología es más amplia.
5. *Interrelaciones Tecnológicas (Enos J.L., 1962)*. A menudo cuando una tecnología llega a adoptarse de manera continua, un número de otras subtecnologías y productos vienen a ser parte de su infraestructura. Por ejemplo la tecnología de la Gasolina posee una enorme infraestructura de refinerías, estaciones de llenado y autopartes que dependen de ésta.

Arthur W.B. (1988) analiza que si una tecnología progresa en buena fortuna ganando ventaja, puede atraer nuevos adoptadores, quienes de otra forma podrían irse con algunos de sus rivales, con el consecuente resultado que la adopción de mercado podría soplar a su favor y terminar dominando. Dadas otras circunstancias, por supuesto, una tecnología diferente puede haber sido favorecida solo al principio, y ésta podría haber llagado a dominar el mercado. Así en competencia entre tecnologías con retornos crecientes, ordinariamente hay más que un resultado posible. En términos económicos hay equilibrio múltiple.

David P.A. (1985) determina que los agentes comprometidos en las decisiones de producción y compras en el mercado, no son prisioneros de costumbres, derechos ó de control

estatal. Pero mientras que estos son perfectamente “libres para decidir”, su conducta no obstante, es aprisionada rápidamente en el dominio de eventos que se olvidan y conformados por las circunstancias en las cuales ni ellos ni sus intereses figuraran. Muchas de sus acciones que les parecen un acto de su propia libertad, en un sentido histórico, no es libertad; es esclavitud para el curso general de la historia previa. Consecuentemente, los cambios económicos e institucionales son una característica permanente del sistema, éstos estimulan el progreso técnico a lo largo de una trayectoria tecnológica. Así, los intentos de cambio tecnológico relacionados a la búsqueda de nuevas direcciones tecnológicas emergen en relación, ya sea a nuevas oportunidades que son creadas abiertas por desarrollos científicos, ó a la creciente dificultad de ir avanzando sobre una dirección dependiente de éstos factores.

1.7 Sistemas Socioeconómicos y Redes de I&D Tecnológico.

La estrecha vinculación que existe entre los diversos factores institucionales y económicos intervienen en el incremento o pérdida de la actividad innovadora y determinan un enfrentamiento de los sistemas socioeconómicos, en los mercados internacionales, más que de productos o empresas aisladas. Fanjzylberg(1988) explica que en el mercado internacional, no solo son empresas las que compiten, sino que también se enfrentan sistemas productivos, esquemas institucionales y organismos sociales en los que la empresa constituye un elemento importante pero integrado en una red de vinculaciones con el sistema educativo, la infraestructura tecnológica, las relaciones gerenciales, laborales, privados y el sistema financiero. El autor citado añade que existen sólidos vínculos entre los factores enumerados a continuación: 1) competitividad, 2) incorporación del progreso científico, 3) dinamismo industrial y 4) aumento de la productividad.

Según Fanjzylberg, el desarrollo a lo largo de una trayectoria tecnológica y “el círculo virtuoso acumulativo” se logra como resultante de la intervención estructural y funcional de los cuatro elementos señalados; en su accionar dinámico, éste círculo va alcanzando progresivamente niveles superiores que a su vez garantizan una dinámica creciente que le confieren un marcado carácter.

Para Dosi G. y Cimoli M. (1992), como ya mencionó, son tres los componentes esenciales de la actividad innovadora: Oportunidad, Apropiabilidad y Acumulabilidad. La evolución y el ritmo de estos tres factores, a los cuales se añade el grado de difusión y las redes institucionales, influyen fuertemente en la capacidad y las asimetrías tecnológicas existentes entre las empresas y de los países.

Tanto la Apropiabilidad como la Acumulabilidad del cambio tecnológico se ven influidos por la existencia de una condición tácita y de un conocimiento formal; la primera se expresa en aquellos casos en los que un determinado proceso afecta a los elementos relacionados con la idiosincrasia del trabajo, cuanto mayor sea la magnitud de esta condición tácita más grande será también la dificultad para representar gráficamente un proceso productivo o para elaborar programas de formación para el mismo. Por su parte, el conocimiento formal tiene como base la información escrita; en este caso, cuanto menor sea la dimensión del conocimiento formal (por ejemplo de los procesos físicos y químicos) menor será la probabilidad de desarrollar o reproducir un determinado producto ó proceso. Por lo tanto, las características de la capacidad tecnológica requeridas para producir o adoptar cierto tipo de innovaciones técnicas depende también de la base de conocimientos que es inherente a cada proceso.

El conocimiento ha llegado a ser un recurso eminentemente económico, incluso más importante que las materias primas, y que el dinero. En esta era económica las fuentes fundamentales de riqueza son el conocimiento y la comunicación, más que los recursos naturales y el trabajo físico.

"En la vieja economía, la gente compraba y vendía una gran cantidad de material en cuyo contenido se encontraba un poquito de conocimientos. En la nueva economía, compramos y vendemos productos con un gran contenido de conocimiento en una pequeña pieza. La nueva economía transforma lo viejo y reduce su importancia relativa, pero no la habilidad para realizar precisamente esto. El éxito de la economía basada en el conocimiento depende de nuevas habilidades y nuevos tipos de organización y administración" (Arthur B. 1990 "Congealed Resources" en Intellectual Capital 1996 Thomas A. Stearns, 1997 New York).

Los conocimientos individuales acumulados, el know-how, el talento, la capacidad, la habilidad, y el expertise de las personas están enclavados en el cerebro humano. Es el conocimiento que existe en una organización y que puede ser usado para crear ventajas diferenciales.

Mucho del conocimiento es tácito - y el conocimiento tácito no puede ser vendido ni materializado. La gran virtud del conocimiento tácito es que es automático, requiriendo poco ó nada de tiempo para procesarlo. Sin embargo cada virtud tiene un conjunto de vicios recíprocos (mutuos o inversos), y el conocimiento tácito tiene tres: Puede ser erróneo ó equivoco; puede ser difícil de cambiar ó corregir; puede ser difícil de comunicar. Debido a que el conocimiento tácito es inexpresivo, es a menudo inexaminedo; esto puede llevar al error sin que uno sea consciente de este hecho.

Por otra parte, el estudio de la actividad innovadora ha incitado el interés en la investigación y análisis de las interrelaciones que existen en las combinaciones de elementos estrechamente interrelacionados y que conforman grupos o proyectos de I&D, tal es el caso del estudio de redes. El concepto de redes se utiliza para examinar la configuración de individuos en proyectos de investigación, que trabajan conjuntamente; no obstante, existen distintas formas de enfocar este tipo de relaciones como veremos a continuación:

a) Para Freeman C. (1991) una organización de redes es básicamente un acuerdo institucional que hace frente a la innovación sistemática. Empíricamente, hay una organización unida libremente bajo un núcleo de debilidades y fortalezas, existentes entre los miembros, que la constituyen.

b) DeBresson C. y Amesse F. (1991) opinan que una red puede ser definida como un conjunto cerrado de vínculos explícitos, selectos y con patrones preferenciales que se dan en un espacio de empresas a partir de ventajas complementarias y relaciones de mercado; teniendo como principal meta la reducción estática y dinámica de la incertidumbre. La relación de redes principalmente a partir de naturaleza tácita e informal, existe también aún en el ambiente local, vinculándose a través de cadenas abiertas, empresas u otros agentes.

c) Carlota Pérez (1992) considera que cada revolución tecnológica parece haberse asociado con redes localizadas; la historia económica y tecnológica indica que los cluster de

innovaciones asociadas con redes de firmas innovativas, han sido siempre la regla general. Particularmente, en los periodos de profunda turbulencia tecnológica, institucional y de mercado pueden inducir a incrementar las actividades de redes por las firmas.

d) Foray D. (1991) observó a los incentivos económicos de la asociación de recursos técnicos, redes de organizaciones, como *quasi-rentas Marshallianas*; mientras que las ganancias del empresario fue para Shumpeter (*Teoría del desenvolvimiento económico*, CFE, México 1972) el resultado de un excepcional, sino es que heroico acto, aquí las cuasirentas provienen de la nueva colaboración de actores.

e) Rothwell R. (1972) apoyado en la experiencia del proyecto SAPHO identificó factores que son importantes para el éxito e incluyó la comparación entre las innovaciones exitosas y las que fallaron. Algunas de las hipótesis que surgieron de este proyecto, ligados particularmente al problema de las redes tecnológicas, fueron las siguientes:

i) *Necesidad de Usuarios y Redes*. El éxito de las innovaciones fueron caracterizadas por una tentativa por determinar el desarrollo entendiendo las necesidades especiales y las circunstancias de los usuarios potenciales futuros de un producto o proceso nuevo.

ii) La unión existente entre *desarrollo, producción y actividades de mercado*. El fracaso fue caracterizado por la escasez e inadecuada comunicación interna en la innovación organizacional y escasa integración de estas funciones.

iii) *Vinculos con fuentes externas de información científica y técnica, y consulta*. Los innovadores exitosos, aunque típicamente tienen su propio departamento de investigación y desarrollo (I&D), también han hecho considerable uso de otras fuentes tecnológicas.

Estudios posteriores han demostrado la importancia de redes formales e informales.

Así la competencia interna en el departamento de I&D fue complementada ocasional o regularmente con universidades, con laboratorios de gobierno, con consultorías, con Asociaciones de Investigación, y con otras empresas. Aunque predominaron las relaciones informales.

Las contribuciones y los fines analíticos derivados de los estudios de innovación, apuntan hacia la explicación de algunos fenómenos comunes, de importancia para entender el proceso de cambio tecnológico.

Entre los aspectos comunes al proceso de cambio tecnológico podemos enumerar los siguientes: a) El conocimiento científico desempeña un papel cada vez más determinante en la apertura de nuevas posibilidades de avances tecnológicos; b) la complejidad creciente de actividades de investigación e innovación se integra en favor de organizaciones institucionales, como el ambiente típico para la producción de innovaciones, en oposición a los innovadores individuales.

Conclusiones:

El conocimiento ha llegado a ser un recurso eminentemente económico, mas importante que las materias primas, mas importante aún, que el dinero. La tecnología consiste de conocimientos, información, experiencia y propiedad intelectual usados para generar riqueza y la riqueza, es el producto del conocimiento. La acumulación de conocimientos genera capacidades tecnológicas propias sobre la base de la evolución del proceso de innovación tecnológica.

La evolución tecnológica, no opera sobre una tecnología en particular sino en el desarrollo económico de sectores industriales. Cada industria es conformada por un conjunto de tecnologías que forman parte de una unidad operativa con una dinámica compleja, donde de acuerdo a sus características propias, ocupan un sitio determinado por el conjunto de las interacciones que establecen con otras tecnologías. Por lo tanto, la industria es la unidad evolutiva y fuente de innovación por excelencia.

A pesar de variaciones considerables con respecto a innovaciones específicas, las direcciones de los cambios técnicos están definidos frecuentemente por el grado de avance de las tecnologías que ya se usan, y la probabilidad de avances tecnológicos por las empresas, organizaciones e incluso países son en gran medida, una actividad acumulativa. Desde esta perspectiva, la tecnología es un conjunto finito de caracteres, cada uno de los cuales es el resultado de la expresión de un proceso autogerado de incorporación progresiva de conocimientos, que se distingue por su carácter acumulativo en la utilización de conocimientos para producir efectos perceptibles sobre los resultados de la empresa: reducir costos, aumentar las ventas, aumentar los márgenes de ganancias. De lo anterior podemos derivar que la herencia tecnológica es una fuerza que nutre o mantiene el patrón de desarrollo tecnológico.

La precisión de acumulabilidad se ve modificada por variaciones y cambios graduales que poseen la característica de ser espontáneos e impredecibles, por lo que la actividad innovadora es en gran parte un conjunto de eventos aleatorios. Las variaciones y cambios graduales hacen posible el mecanismo evolutivo al evitar que la herencia se mantenga siempre constante y sin variación alguna.

De lo anteriormente expuesto se concluye que:

- Los sistemas tecnológicos no son entidades que permanecen inmutables, sino que cambian a través del tiempo.
- Las tecnologías que existentes han descendido en forma modificada, de tecnologías que existieron anteriormente.
- Las modificaciones que han tenido lugar en las tecnologías son graduales y continuas.
- El surgimiento sucesivo de modificaciones provoca la aparición de patrones innovativos cada vez más complejos y articulados.
- El mecanismo responsable de la evolución Tecnológica es la selección que opera principalmente por la implantación y adaptación de factores de carácter social, económico y político.
- Una cantidad significativa de innovación y mejoramiento sucede a través del “aprendizaje por medio de la práctica”, y generalmente está encarnado en la gente y organizaciones.
- Los paradigmas tecnológicos entrena una heurística y concepciones específicas sobre el cómo hacer las cosas y cómo mejorarlas.
- Los paradigmas definen los modelos básicos de los productos industriales y los sistemas de producción que progresivamente se modifican y mejoran.

Capítulo II

I&D sobre Catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo.

Introducción.

El área de productos químicos comprende a las industrias intensivas en investigación y desarrollo, las cuales son caracterizadas por innovaciones que están directamente vinculadas a los avances basados en resultados de investigación científica fundamental e ingeniería (Pavitt, 1984; Rosenberg y Nelson, 1994).

El propósito de este capítulo es presentar a grandes rasgos el marco de IyD y organización del área de catalisis del Instituto Mexicano del Petróleo, a partir del cual se sustenta la creación de capacidades tecnológicas basados en la investigación científica e ingeniería que comprende el periodo 1970 - 1995. La creación de capacidades tecnológicas en esta importante área, se encuentra en función de sus fuentes de tecnología, que comprende las estrechas interrelaciones con empresas o socios tecnológicos, universidades e instituciones de investigación creando redes que han favorecido sinergias en la IyD y desarrollo tecnológico de catalizadores.

Para comprender el porqué de la concentración de invenciones sobre mejoras y desarrollos de tecnologías registradas y patentadas por el IMP sobre procesos catalíticos (ver Anexos A y B), se requiere conocer la estructura organizativa, la estrategia, el mercado, las redes tecnológicas y formas de organización de esta institución, cuestión que se analiza en las siguientes secciones.

Este capítulo se conforma de ocho secciones:

1. En la II.1 se presentan las funciones de los cinco grupos que integran el área de catalizadores del IMP.
2. El propósito de la sección II.2 es presentar las líneas de investigación del IMP en catálisis y catalizadores, que comprenden cuatro programas estratégicos que incluyen los procesos

de tratamiento de hidrocarburos, gasolina reformulada, procesamiento de fondo de barril y protección ambiental.

3. En la sección II.3 se presenta la forma en como se lleva a cabo los proyectos de investigación y desarrollo del IMP respecto a catalizadores.
4. En la sección II.4 se presenta la forma de operar entre PEMEX-IMP-Socios Tecnológicos en la producción de catalizadores.
5. El propósito de la sección II.5 es presentar el mercado con que cuenta el área de Catalizadores del IMP.
6. La sección II.6 corresponde a la adquisición de Catalizadores IMP.
7. En la sección II.7 se presentan los ciclos tecnológicos de catalizadores IMP.
8. En la sección II.8 se presentan los programa de Investigación y Desarrollo tecnológico.

Antecedentes.

En la actualidad la industria de la transformación del petróleo, tanto en sus áreas de refinación como de petroquímica utilizan los catalizadores como insumos estratégicos para el logro de sus objetivos de producción tanto en términos de rendimiento como de calidad de productos. El IMP desde su inicio decidió promover fuertemente la disciplina de catálisis dándose a la tarea de crear grupos de especialistas multidisciplinarios, así como de la creación de infraestructura suficiente para la caracterización y evaluación de prototipos. Los esfuerzos realizados empezaron a dar frutos en 1976 con la primera aplicación de los catalizadores IMP en la recién inaugurada Unidad de Hidrodesulfuración de la refinería de Miguel Hidalgo de Tula, a partir de ese momento se han venido sucediendo diversas aplicaciones industriales con productos de alta tecnología que han permitido a Pemex el mejoramiento en sus operaciones tanto en rendimientos, calidad de productos, ahorro de energía y protección al ambiente entre otros.

Este importante involucramiento en el mercado de Pemex a permitido al IMP incrementar sus ventas anuales, las cuales han pasado de las 200 toneladas reportadas en 1976 a alrededor de 10,000 toneladas esperadas para 1997.

Es en la industria de la refinación en donde se ha observado la mayor participación de los catalizadores IMP por lo que los proyectos de desarrollo se han enfocado a satisfacer los principales procesos catalíticos utilizados en esta industria los cuales se destacan en la sección A.2 del Anexo A. En petroquímica también se han tenido aplicaciones industriales en las áreas de hidrodesulfuración de naftas (actualmente continúa vigente esta aplicación) y en las síntesis de cumeno y acrilonitrilo (mediante proceso BP Distillers), estas dos últimas no están actualmente operando.

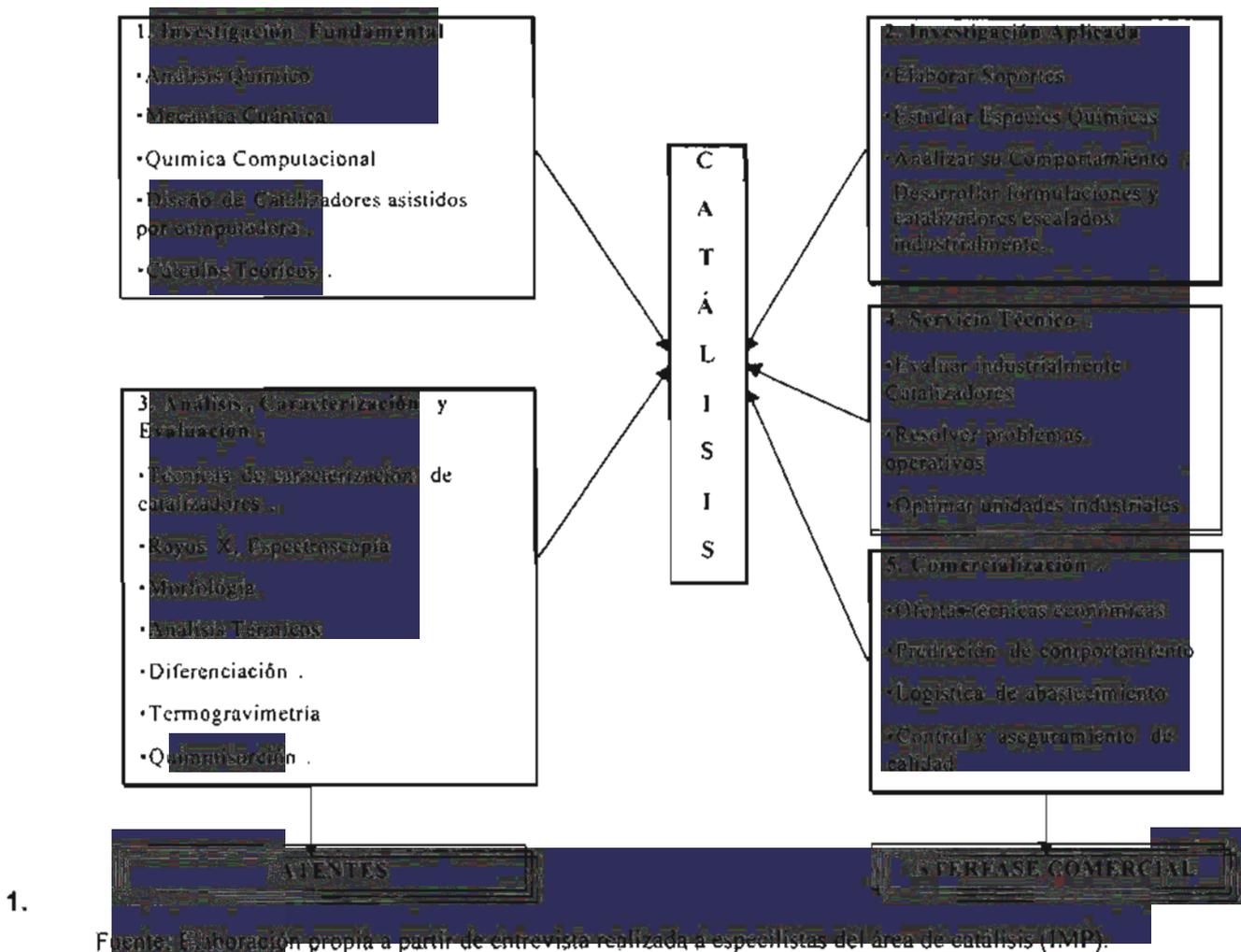
La importancia estratégica por tanto del grupo de catalizadores, ha ido creciendo y ha sido reconocido como una de las fortalezas de la institución, destacándose su importancia en el posicionamiento tecnológico. Por este motivo se ha buscado reforzar esta línea de negocios agrupando las diversas actividades relacionadas con catálisis en un solo grupo integrado el cual organizado matricialmente realiza las actividades que se describen en la Gráfica A

II.1 Función de los grupos del área de catalizadores del IMP.

El IMP desde que inicia ha buscado integrar el concepto catalisis en un área, que se ha consolidado a partir de los últimos años de una manera muy concreta. En la actualidad, el área de Catalisis del IMP cuenta con 5 grupos de trabajo (véase Gráfica A.), son las siguientes:

1. Investigación Fundamental.
2. Investigación Aplicada y Desarrollo Tecnológico.
3. Análisis, Caracterización y Evaluación.
4. Servicios Técnicos.
5. Comercialización.

Gráfica A. Estructura orgánica del grupo de IyD de catalizadores del IMP



1. El grupo de Investigación Fundamental, tiene como objetivo, lo relacionado con: i) Análisis Químico, ii) Mecánica Cuántica, iii) Química Computacional, iv) Diseño de Catalizadores Asistidos por Computadora y, v) Cálculos Teóricos.
2. El grupo de Investigación Aplicada, tiene como objeto: i) Elaborar Soportes, ii) Estudiar Especies Activas, iii) Evaluar su comportamiento a través de los principales factores que son, actividad, estabilidad y selectividad (desarrollo de catalizadores).
3. El grupo de Análisis, Caracterización y Evaluación, se ocupa de: i) Técnicas de Caracterización de Catalizadores, ii) Rayos X, iii) Espectroscopia, iv) Morfología (área superficial, volumen de poro, división de volumen de poro), v) Análisis Térmicos, vi) Diferenciación, vii) Termogravimetría y, viii) Quimisorción.
4. El grupo correspondiente a Servicios Técnicos se encarga de: i). Evaluar Industrialmente tipos de catalizadores, ii) Resolver Problemas Operativos y, iii) Optimizar Unidades Industriales.
5. El grupo de Comercialización, se encarga de: i) Ofertas Técnicas y Económicas, ii) Predicción de Comportamiento, iii) Logística de abastecimiento, iv) Control y Aseguramiento de Calidad.

Para que un grupo de catálisis tenga calidad industrial debe de constar cuando menos de estas cinco partes y todas ellas interactuando entre sí¹.

Las áreas de Investigación Fundamental e Investigación Aplicada, conforman el contenido científico y tecnológico de catálisis en el IMP (y de las cuáles surge el patentamiento), consideradas los motores que mantienen y retroalimentan a los restantes grupos (III, IV, V).

Las áreas de Servicios Técnicos y Comercialización son la interfase con el cliente; son los que enfrentan las problemáticas reales de la industria petroquímica (específicamente de PEMEX-Refinación).

El grupo de Análisis, Caracterización y Evaluación se dedica a dar soporte técnico, y al igual que el grupo de Servicios Técnicos, y de Comercialización, están enfocados a

¹Comentarios del Ing. Oscar Bermúdez Mendizabal, Gerente del Área de Catalizadores del IMP.

desarrollar y aplicar "programas computacionales" que permitan predecir el comportamiento del catalizador a diferentes condiciones (de esto surgen derechos de autor).

Existe el programa de "interrelación entre grupos", mediante el cual se realiza, la capacitación individual, que habilita y difunde el conocimientos de los cinco grupos, al personal que conforma la gerencia de catalizadores. El propósito es homogeneizar los conocimientos y habilidades elementales de científicos, ingenieros, técnicos, por ejemplo, que el personal de Servicios Técnicos sea capaz de traducir el problema técnico a un nivel científico (correspondiente al grupo de Investigación Fundamental) tal que aporte la adecuada información, que permita definir una posible solución científica al tipo de problema.

II.2 Líneas de Investigación.

Actualmente, las líneas de Investigación del IMP en Catálisis y Catalizadores se han organizado en cuatro programas estratégicos que incluyen los procesos de tratamiento de hidrocarburos, gasolina reformulada, procesamiento de fondo de barril y protección ambiental. En hidrotreatamiento, el IMP, investiga respecto al diseño de un catalizador para la hidrosulfuración selectiva de la gasolina de FCC (Fluid Catalytic Cracking); el reto es lograr una remoción eficiente del azufre que permita satisfacer las cada vez más severas restricciones de la gasolina, sin la simultánea hidrogenación de las olefinas, con la consecuente pérdida de octanaje, que tipifica a cualquiera de los catalizadores comercialmente disponibles. También se trabaja en el desarrollo de un catalizador que permita la hidrogenación de las olefinas y aromáticos del aceite cíclico ligero a baja presión, con la finalidad de aprovechar las instalaciones existentes de hidrotreatamiento de diesel.

En gasolina reformulada, el mayor interés radica en los catalizadores sólidos superácidos para substituir al ácido sulfúrico y al ácido fluorhídrico en la alquilación de olefinas con isobutano; además se trabaja en un catalizador con función ácida estable para la reformación de naftas que evite la necesidad de un control de la misma con la concentración de compuestos clorados que se mantienen en el circuito de reacción, y cuya desviación se traduce en deficiencias operativa inmediatas.

Otro tema de interés en este programa es la concepción de un catalizador zeolítico de reformación, selectivo a la no formación de benceno, con miras a encontrar una solución alterna a la reducción de este componente, actualmente restringido en las gasolinas reformuladas.

En fondo de barril, se siguen buscando mejoras en el comportamiento de los catalizadores FCC para mejorar la selectividad a la producción de gasolina y de olefinas ligeras, así como en los aditivos catalíticos promotores de la combustión, pasivadores de metales y eliminadores de dióxido de azufre.

En protección ambiental, se realizan pruebas del comportamiento de los convertidores catalíticos automotrices, investigándose el efecto del azufre en su comportamiento

II.3 Proyectos de Investigación y Desarrollo.

La base fundamental para la trascendencia industrial de los catalizadores IMP lo representa la cartera de proyectos de Investigación y Desarrollo y Servicios Tecnológicos que se disponen, la cual se apoya en la consideración de diversos factores estratégicos entre los cuales se encuentran las necesidades de Pemex, las tendencias tecnológicas internacionales, la propectiva tecnológica, las regulaciones gubernamentales, tanto en materia de protección ambiental, de ahorro de energía y de seguridad, el plan de investigación y desarrollo tecnológico, la opinión de expertos nacionales e internacionales, los programas de formación de recursos humanos y la disponibilidad de infraestructura entre otros.

Cada uno de los proyectos que integran la cartera, es propuesto y discutido con el personal de Pemex tanto de su área operativa como de su área de Investigación y Desarrollo Tecnológico bajo un esquema que incluye diversos criterios y etapas de selección en las cuales se contrastan los beneficios del desarrollo del proyecto con los factores anteriormente establecidos, y en donde una vez satisfechos los requerimientos se autoriza el inicio del desarrollo de cada proyecto.

El área de catalizadores del IMP realiza en promedio de 30 a 40 proyectos de IDT y Servicios Tecnológicos, los cuales para el ejercicio de 1997, representan un ingreso de aproximadamente 60 millones de pesos.

El desarrollo de un catalizador conlleva a un gran número de etapas y facetas, destacándose las correspondientes a las fases de investigación básica en la cual se estudian las especies químicas activas, los materiales en los cuales serán soportados y en donde se determinan los parámetros cinéticos y los mecanismos de reacción correspondientes. La siguiente etapa, la cual corresponde a la investigación aplicada y desarrollo tecnológico, comprende la elaboración de formulaciones técnica y económicamente viables y termina una vez que los prototipos han sido exhaustivamente evaluados a nivel de planta piloto. Para el desarrollo de estas dos etapas, el grupo de catalizadores se apoya en proyectos mancomunados con las instituciones de educación superior en las cuales se aprovecha el conocimiento de los especialistas académicos, de las infraestructuras disponibles en dichas instituciones. La tercera etapa de los proyectos realizados corresponde a la búsqueda de alternativas de manufactura de los productos a nivel industrial y ante la carencia en el país de instalación de producción de catalizadores, se ha desarrollado con éxito la estrategia de trabajar conjuntamente con las compañías más importantes a nivel mundial en la fabricación y suministro de catalizadores.

El grado de relación que el IMP tiene con estas empresas se basa en el concepto de asociación en participación, figura mediante la cual la compañía asociada al IMP se responsabiliza de los derechos y obligaciones correspondientes a la comercialización de los catalizadores IMP. Para mantener eficientemente la operación con estas compañías asociadas es requisito la firma de convenios de diferente índole como lo son: el de confidencialidad y desarrollo conjunto, el de comercialización y el de asociación en participación los cuales son complementados con las patentes de proceso, de uso y los registros de marca que gestiona el IMP.

En la participación de las compañías asociadas, el IMP incluye el apoyo en el escalamiento de formulaciones a nivel industrial buscando optimar las rutas de manufactura a fin de garantizar una buena calidad del producto que implica un comportamiento eficiente, así como una estructura de costos que lleve a la necesaria competitividad económica de los catalizadores en las correspondientes ofertas comerciales, en la tabla II.1, se indican aquellas compañías asociadas al IMP en participación en el suministro industrial de catalizadores a Pemex

Tabla II.1
Socios Tecnológicos que participan en el suministro de Catalizadores a PEMEX

Compañía	Proceso
ENGELHARD	FCC
GRACE	FCC
	H-OIL
CHEMICAL	FCC
	REFORMACIÓN
	H-OIL
UCI	HDT
	POLIMERIZACIÓN
ACREON	MDA
	POLIMERIZACIÓN
NOVA	Tratamiento de gases
AKZO	FCC
TECHCO	H-OIL
INNOVAST	FCC

Fuente: Gerencia de Catalizadores IMP, Julio 1992.

II.4 Relación PEMEX-IMP-Socios Tecnológicos.

Con la nueva forma de trabajo de PEMEX, que consiste en su desincorporación en filiales y con la Ley de Adquisiciones y Obras Públicas, el papel que juega el IMP en relación al apoyo a PEMEX, concurre desde la I&D hasta la adquisición de catalizadores. Que inicia cuando PEMEX solicita al IMP (mediante una serie de convenios legales), el tipo de catalizador específico, que previamente el área de catálisis desarrollo y patentó.

Posteriormente, el IMP mediante convenio (con alguno de sus socios tecnológicos), licencia para su explotación, la patente del catalizador desarrollado para la necesidad específica de PEMEX.

Debido a que en México no existen plantas de producción de catalizadores, el IMP ha desarrollado proveedores especializados, bajo la figura de socios, generándose una interrelación técnica y científica en la que ambos participan, e interviniendo por parte del IMP, los grupo de Investigación Aplicada, Servicios Técnicos y Comercialización.

Con los actuales socios tecnológicos el IMP tiene diferentes tipos de convenios:

- a). Convenios de Confidencialidad, en la cual ambas entidades se comprometen a manejar confidencialmente las actividades, investigaciones y conocimientos que desarrollen.
- b) Convenios Comerciales, en el que ambos acuerdan y detallan las condiciones de producción-comercialización de catalizadores con licencia IMP.

El socio tecnológico envía el producto directamente a PEMEX y además envía la factura. PEMEX paga al socio tecnológico lo correspondiente, a la vez que éste reembolsará las regalías correspondientes al IMP por la patente licenciada.

11.5 Mercado con que cuenta el área de Catalizadores del IMP.

Actualmente el IMP cuenta con un 66-70 % del mercado de PEMEX Refinación. En el que los principales productos del IMP hacia PEMEX, son para los procesos² de 1) Fluid Catalitic Conversion (FCC), 2) Hidrotratamiento, 3) Reformación y 4) Especialidades. Conviene aquí hacer las siguientes precisiones:

- 1.- En FCC el IMP cuenta con el 55-60% del mercado de PEMEX; el mercado total es mas ó menos de 15,000 Toneladas/Año.
- 2.- En Hidrotratamiento, en el que se tiene el proceso de Hidrodesulfuración, el IMP cuenta con un 95% del mercado de PEMEX; el mercado total es de aprox. 600 Toneladas/Año.
- 3.- En el proceso de Reformación el IMP cuenta con 50-55 % del mercado de PEMEX; el Mercado total es de 200 Toneladas/Año.

² Sobre Procesos, consultar el apartado 1.2 Desarrollo de Catalizadores en la Industria Petrolera.

4.- En especialidades, el IMP cuenta con el 50% del Mercado; el mercado total es de 100 Toneladas/Año.

En FCC el área de catalizadores del IMP cubre todas las rutas tecnológicas a nivel planta industrial, es decir 4 tipos diferentes de catalizadores y aditivos catalíticos que aumentan el nivel de octano, reducen la cantidad de azufre y promueven la combustión. Participando con 6 diferentes Aditivos.

En Hidrodesulfuración el IMP cuenta actualmente con seis catalizadores, a nivel planta industrial y cubre todo los procesos de hidrotreamiento desde gasolinas, diesel-sin y gasóleos.

En Reformación el área de catalizadores del IMP cubre todas las rutas tecnológicas a nivel planta industrial es decir, procesos semiregenerativos, regeneración continua, regeneración cíclica.

Esquema Comercial³:

Para garantizar estos acuerdos productivos comerciales que tener 4 requisitos:

- 1). Contar con patentes.
- 2). Contar con los ya mencionados Convenios de Colaboración.
- 3). Experiencia Industrial.
- 4). Competitividad (ISO-9000, Alta Productividad, Just in Time, etc.)

II.6 Adquisición de Catalizadores IMP.

En general la adquisición para los diferentes procesos y plantas específicas del sistema de Pemex Refinación se efectúa mediante un procedimiento denominado: "Procedimiento para la adquisición de catalizadores y servicios de fábrica" contenido en el documento: "Bases de integración, funcionamiento y disolución del comité técnico de catalizadores de Pemex-refinación" emitido por el Comité Técnico de Catalizadores, con base en la Ley de Adquisición y Obras Públicas, emitida el mes de mayo de 1994 en el Diario Oficial de la Federación.

³ Mencionado en el apartado 3.

En el mencionado comité se definen las necesidades de catalizadores según las características de cada una tomando en cuenta los factores pertinentes y se generan los requerimientos para que por medio de Petróleos Mexicanos Internacionales (PMI) se efectúe una convocatoria a los fabricantes acreditados para obtener ofertas de sus productos que se evalúan en el mismo comité bajo los criterios técnicos, económicos y estratégicos tomándose las decisiones de adquisición correspondientes por medio de la calificación de estos rubros. Los catalizadores de las compañías participantes, así como los del IMP cumplen con los anteriores acondicionamientos en igualdad de circunstancias.

Cabe mencionar que en el caso de pruebas industriales de un nuevo catalizador de las compañías participantes se sigue el procedimiento de adjudicación directa fundamentado técnicamente conforme a la mencionada ley, y se le da un seguimiento especial al comportamiento del catalizador durante el periodo de prueba.

Una ventaja adicional para Pemex-Refinación provocada por oferta directa de los catalizadores IMP es que en los concursos para adquisición de los mismos, las ofertas de los catalizadores de tecnología extranjera se ven presionadas para cumplir con la competitividad en funcionamiento y precio de los catalizadores mexicanos, obteniéndose así mejores términos de adquisición.

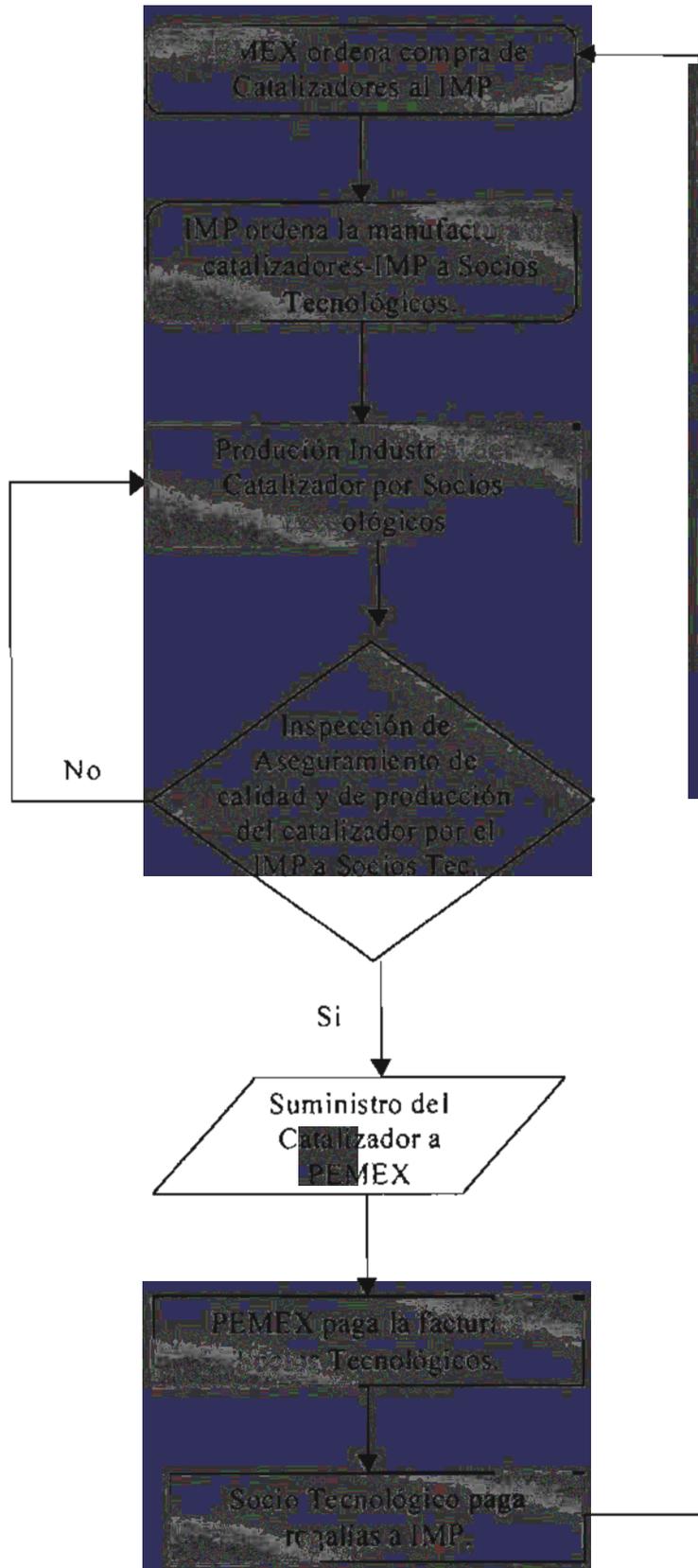
Una vez tomada la decisión de adquisición de algún catalizador del IMP se sigue el procedimiento mostrado en la gráfica II.2, el Esquema Comercial⁴.

Para garantizar estos acuerdos comerciales se establecieron los siguientes requisitos:

- 1). Contar con patentes.
- 2). Contar con los ya mencionados Convenios de Colaboración.
- 3). Experiencia Industrial.
- 4). Competitividad (ISO-9000, Alta Productividad, Just in Time, etc.)

⁴ Mencionado en el apartado 3.

Gráfica 11.2 Esquema comercial aplicado en el suministro de catalizadores IMP



Fuente: Elaboración propia a partir de entrevista. (Cierencia de Catalizadores, Junio 1993)

Recientemente Pemex- Refinación decidió formalizar la adquisición continua de catalizadores FCC y servicios tecnológicos afines mediante la firma de un contrato de suministro de largo plazo renovable cada tres años y cuyas funciones básicas además del aseguramiento en el abastecimiento de estos catalizadores se encuentra la optimización de las unidades de producción de servicios tecnológicos integrales.

II.7 Ciclos Tecnológicos.

Por otra parte los actuales ciclos tecnológicos son muy rápidos. Evidentemente la velocidad de rotación tecnológica de los catalizadores es altísima, por referir un ejemplo; el proceso FCC (Fluid Catalytic Conversion), emplea catalizadores, cuyo ciclo de vida es de 1.5 años. Es inminente que la administración se enfrenta a la problemática de asociación entre lo importante y lo urgente en términos de I&D. Es decir como lograr la estrecha vinculación y la interacción recíproca entre la investigación fundamental y el desarrollo impostergable, tal que conceda Instituto permanecer competitivo en el desarrollo innovativo de catalizadores que apoyen las necesidades específicas de PEMEX.

Todo producto tiene un ciclo de vida determinado. Para el proceso de hidrodesulfuración el ciclo es de 1 a 2 años; y para el proceso de reformación, su ciclo es de 2 a 3 años. En el momento en que se vende ó se introduce uno de estos productos en planta, inmediatamente ya se debe de tener el otro producto desarrollado.

Por lo tanto estos ciclos tecnológicos son muy rápidos, y para desarrollar inmediatamente el otro producto se requiere de un Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

II.8 Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico.

El IMP ha establecido un Programa de Investigación y Desarrollo, basado en cinco premisa:
Primero. Este programa tiene que estar fundamentado en necesidades del usuario (en el pasado existía I&D importante pero no basado en las necesidades del usuario).
Segundo. Monitoreo de tendencias internacionales desde el punto de vista técnico, y actualmente de cuestiones ambientales.

Tercero. Acorde con los presupuestos disponibles.

Cuarto. Debe ofrecer beneficios cuantificables y programables.

Quinto. Debe estar alineado con la infraestructura y misión de la Institución.

Existen cuatro programas de investigación y desarrollo tecnológico en marcha:

1) Existe el paquete denominado FIES, que es un fondo de trabajo para actividades de Investigación Fundamental con las instituciones de Investigación superior, entre las que se encuentra:

- IMP - Unidad de Catálisis⁵ ("UNICAT") de la Facultad de Química, UNAM.
- IMP - Departamento de Catálisis de la UAM-I⁶.
- IMP - Área de Catálisis de la UAM-A⁷.

2) Fondo FIDPEMEX, es un fondo al desarrollo de investigación aplicada a Mediano y Largo Plazo.

3) Corto Plazo.

4) Servicios técnicos.

Los cuatro forman el programa de I&D en materia de catalizadores de PEMEX, cuya correspondencia inmediata con el IMP es la de satisfacer las necesidades tecnológicas de productividad y calidad en los procesos petroquímicos de PEMEX. Por consiguiente cabe destacar que el área de catálisis tiene un importante efecto multiplicador para el Instituto, que necesariamente genera reciprocidad con otras áreas. Por ejemplo existe el binomio Catálisis-Proceso, al igual que en Proceso-Ingeniería. Es decir no puede existir el Proceso sin Ingeniería, al igual que el Proceso sin Catálisis. Simplemente, se entreteje una serie de

⁵ Coordinador Dr. Jorge Ramírez Solís, Laboratorio de Catálisis, Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Química, UNAM.

⁶ Coordinadora Dra. Jessy Ma. López Goerne, Departamento de Química, UAM-I.

interrelaciones en que el desarrollo de un catalizador está asociado a una gran cantidad de áreas de la planta petroquímica.

Los programas de Investigación y Desarrollo Tecnológico se llevan a cabo a través de los pasos:

- Desarrollo de Investigación & Desarrollo,
- Ingeniería, y
- Comercialización.

Por ejemplo en caso del catalizador para transformación naftas con regeneración continua, hubo necesidad en un principio de determinar cuáles serían las condiciones específicas del soporte del catalizador con el cual se podría empezar a trabajar, esto se tuvo que ver a través de técnicas computacionales (brindando información como el tipo de estructura porosa, diámetro volumen y tipo de poro), esta información se utilizó para discutir la investigación aplicada. La investigación aplicada lo que hizo fue reproducir en base a la información y con el apoyo de los socios tecnológicos⁸, el prototipo a nivel laboratorio. Ya que se logró el desarrollo de soportes a nivel laboratorio, prosigue el escalamiento a nivel industrial. Ya que se logró el éxito en el desarrollo del soporte, ahora se prosigue a tratar de establecer como se aseguraría la estabilidad, la actividad, la productividad del proceso. con este conocimiento se inician los prototipos evaluándose primero a nivel microrreactor y posteriormente planta piloto. Y entonces se recurre al socio tecnológico a tratar de reproducir los procesos ya a nivel industrial, para luego integrarse a las plantas de PEMEX. Ya que se logró producirlo a nivel industrial entonces se evalúa y se recurre a PEMEX para aplicarlo en sus plantas y es aquí donde entra el servicio técnico para que se le saque el provecho al catalizador.

Conclusiones:

El Instituto Mexicano del Petróleo constituye una de las instituciones más importantes en términos del patentamiento de catalizadores registrados en el país, el aprendizaje tecnológico acumulado y apropiado por esta organización, a través de las redes establecidas

⁷ Dra. Ana Marisela Franco Maubert, Área de Catálisis, UAM-A

⁸ los cuales aportan materias primas básicas para que se pueda operar.

con sus socios tecnológicos, han jugado un papel importante en la realización de este objetivo y han influido en la trayectoria tecnológica del binomio catalizadores-proceso químico. Solamente de un total de 454 patentes registradas por inventores mexicanos en los ocho campos técnicos de la química cerca del cincuenta por ciento corresponden al IMP; un 35% corresponden a la química inorgánica y el 56% de la química orgánica, procesos en los cuales se incluyen actividades relacionados con la catálisis (véase el anexo B).

Así mismo los vínculos de IyD entre el IMP, las filiales de Pemex (*Pemex Refinación* y *Pemex Petroquímica Gas*), "Socios Tecnológicos" e Instituciones de Investigación Científica se han enfocado a la investigación aplicada de productos comercialmente identificados creando un importante vehículo en la creación de ventajas competitivas y en la generación de capacidades tecnológicas para la industria petroquímica.

Capítulo III

La Trayectoria Tecnológica de Catalizadores.

La trayectoria tecnológica constituye la vía o proceso a través de la cual interaccionan aspectos comerciales, económicos y técnicos aplicados específicamente a la actividad innovadora; en esta investigación la trayectoria tecnológica de los catalizadores esta vinculada con el patrón de la actividad innovativa que ha seguido el IMP, este patrón presenta la sucesión ordenada y continua de agrupamientos de invenciones o innovaciones en productos y procesos químicos, particularmente las relacionadas con los catalizadores.

En el capítulo anterior se vio que la trayectoria tecnológica que los catalizadores registraron en los últimos años estuvo influida por la estructura organizacional interna del IMP y por el conjunto de redes establecidas interinstitucionalmente.

Los objetivos del capítulo son dos: a) describir y analizar la trayectoria tecnológica que los catalizadores mostraron entre 1980 y 1992, este proceso se realizó a partir de la identificación de las patentes registradas en el BANAPA, el Departamento de Propiedad Intelectual del Instituto del Petróleo y por el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual y b) plantear, tomando como referencia a Dosi, cuales son otras de las fuerzas que están direccionando el desarrollo tecnológico de los catalizadores. El capítulo se compone de las siguientes secciones: en la primera se plantea la metodología seguida y las fuentes consultadas para construir la trayectoria tecnológica de los catalizadores; en la segunda se describe y analiza la trayectoria tecnológica de los catalizadores en cuanto a tal; en la tercera se desarrollan seis fuerzas que operan en la dirección del desarrollo tecnológico de los catalizadores y, en la cuarta, el entorno y los factores que en el futuro pueden influir en la trayectoria tecnológica que los catalizadores siguieron hasta 1995 y finalmente se presentan las conclusiones.

III.1 Metodología

La metodología empleada en la obtención de las patentes de los catalizadores del IMP representados en la Gráfica III.A comprendió las siguientes actividades:

a) Identificar el número de patentes registradas en la química. La información presentada por el PATMEX indicó que el número total de patentes de la química otorgadas en México, durante 1980-1992, es de 10,890; éstas fueron otorgadas a titulares nacionales y extranjeros (según Aboltes y Soria, 1996). Este dato nos llevó a analizar y cuantificar qué porcentaje de patentes correspondían a titulares nacionales en el campo de la química, y específicamente las de catalizadores.

b). Consultar las fuentes de patentamiento para el caso de los catalizadores. Las fuentes consultadas fueron tres: 1) el Banco Nacional de Patentes (BANAPA 1980-1992); 2) el Banco de Datos de PATMEX, donde se procesa información otorgada por el BANAPA 1980-1992 (disponible en el Departamento de Producción Económica UAM -X) y 3) el Departamento de Propiedad Intelectual del IMP. A partir de dicha información se detectaron un total de 435 patentes otorgadas a nacionales en el campo de la química en México (Ver anexo B).

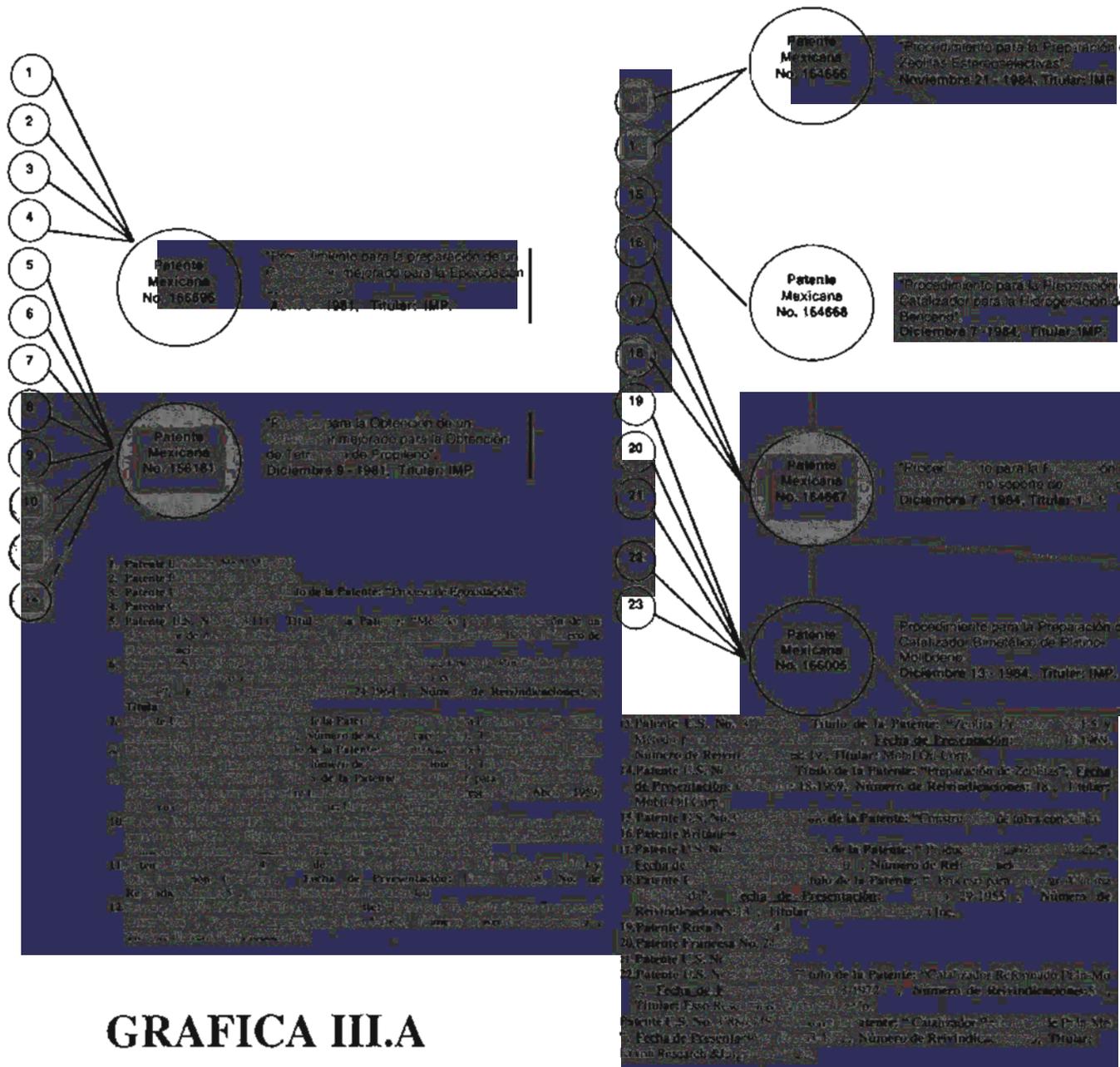
c) Detectar las Patentes correspondientes a Catalizadores. De acuerdo con la clasificación de Patel y Pavitt (1986), el campo de la química comprende ocho sectores (ver cuadro I del anexo C), los cuales son: Química Orgánica, Química Inorgánica, Procesos Químicos, Químicos Agrícolas, Hidrocarburos, Aceites y Minerales, Blanqueadores y Limpiadores, Drogas y Bioingeniería, y Productos Plásticos.

Del total de 435 patentes que comprenden el campo de la química, entre 1980-1992, se detectaron 109 para el caso de los catalizadores: 73 de estas patentes corresponden al BANAPA (1980-1992) y 36 Solicitudes de Patentes corresponden al Departamento de Propiedad Intelectual del IMP (1986-1995).

d) Finalmente, de las 109 patentes registradas para el caso de los catalizadores se seleccionaron exclusivamente 37 patentes (representadas en la Gráfica III.A). El criterio de análisis y selección de las 37 patentes consistió en elegir específicamente a aquellas patentes que en sus antecedentes citaran

otros documentos de patentes nacionales o extranjeras, cuyos desarrollos inventivos preceden a la invención que se patenta.

e) Con base a las 37 patentes seleccionadas se construyó la trayectoria tecnológica de catalizadores, para ello se analizó la sección de los antecedentes de invención (ver Cuadro 3, del Anexo C) contenidas en las patentes respectivas. A partir del proceso anterior se detectaron las relaciones existentes entre los tres elementos siguientes: 1) la citación de cada patente respecto a las extranjeras y a las nacionales; 2) el número de "claims" o reivindicaciones que se adjudica cada patente 3) las interrelaciones que existen entre titulares, es decir, la forma en que participan simultánea o anacrónicamente los investigadores en los proyectos de I y D tecnológicos de catalizadores y 4) las patentes que han sido comercializadas.



GRAFICA III.A

REPRESENTACIÓN DE LA TRAYECTORIA TECNOLÓGICA DE CATALIZADORES DEL IMP, A PARTIR DEL ANÁLISIS DE PATENTES.

- Patentes que son citadas y antecedente a patentes mexicanas.
- Patentes Mexicanas que antecedan a desarrollo de nuevas Patentes Mexicanas.
- Representan aquellas patentes que se adjudican el mayor número de reivindicaciones o mayor número de mejoras incrementales.
- Interrelación de grupos de I&D del IMP, en las que sus integrantes participaron en el desarrollo y patentamiento de invenciones de tecnología de catalizadores.
- Patentes mexicanas comercializadas.

Muchas de las patentes citadas en esta gráfica han pagado sus derechos morales a la fecha.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LA INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL IMP (1995) - IMP.

1993-1994

1995

Procedimiento para la Preparación de Convertidores Catalíticos, Agosto 18 - 1993, Titular: IMP.

Procedimiento para la preparación de Catalizadores a base de Platino-Almendra mediante mediante la técnica Sol-Gel, Enero 26 - 1995, Titular: IMP.

Procedimiento para preparar una composición catalítica a base de un Aluminato de Zinc para la Deshidrogenación Oxidativa de Hidrocarburos y Producto Resultante, Septiembre 30 - 1993, Titular: IMP.

Procedimiento para la Preparación de un Catalizador de Octano, Enero 20 - 1995, Titular: IMP.

Catalizadores a base de Pt/Rh, con Promotor y Estabilizador Hidrotérmico para reductores de CO, Diciembre 2 - 1993, Titular: IMP.

Procedimiento para la Preparación de un Catalizador mejorado para la Deshidrogenación de Isobutano, Mayo 26 - 1995, Titular: IMP.

Procedimiento para el rejuvenecimiento de catalizadores gastados de procesos de Aromatización de Olefinas, Diciembre 12 - 1993, Titular: IMP.

Procedimiento para la Preparación de un Catalizador para la Hidrosulfuración de Bistados ligeros e Intermedios y Productos Resultantes, Agosto 30 - 1995, Titular: IMP.

Procedimiento para la Preparación de Catalizadores de Inición para el Combustión de Motores Estacionarios de Poder, Mayo 13 - 1994, Titular: IMP.

Procedimiento para la Obtención de un Catalizador para la Hidrosulfuración profunda de Olefinas Intermedias del Petróleo y Productos Resultantes, Octubre 31 - 1995, Titular: IMP.

Procedimiento para la Obtención de Catalizadores Ziegler-Natta mediante el uso de Sol-Gel, Julio 7 - 1994, Titular: IMP.

Procedimiento Catalítico para la Obtención de Hidrocarburos y Productos Oxigenados a partir de Gas de Síntesis, Octubre 31 - 1995, Titular: IMP.

Procedimiento para la Obtención de Catalizadores de Aluminio mediante el uso de Sol-Gel, Junio 17 - 1994, Titular: IMP.

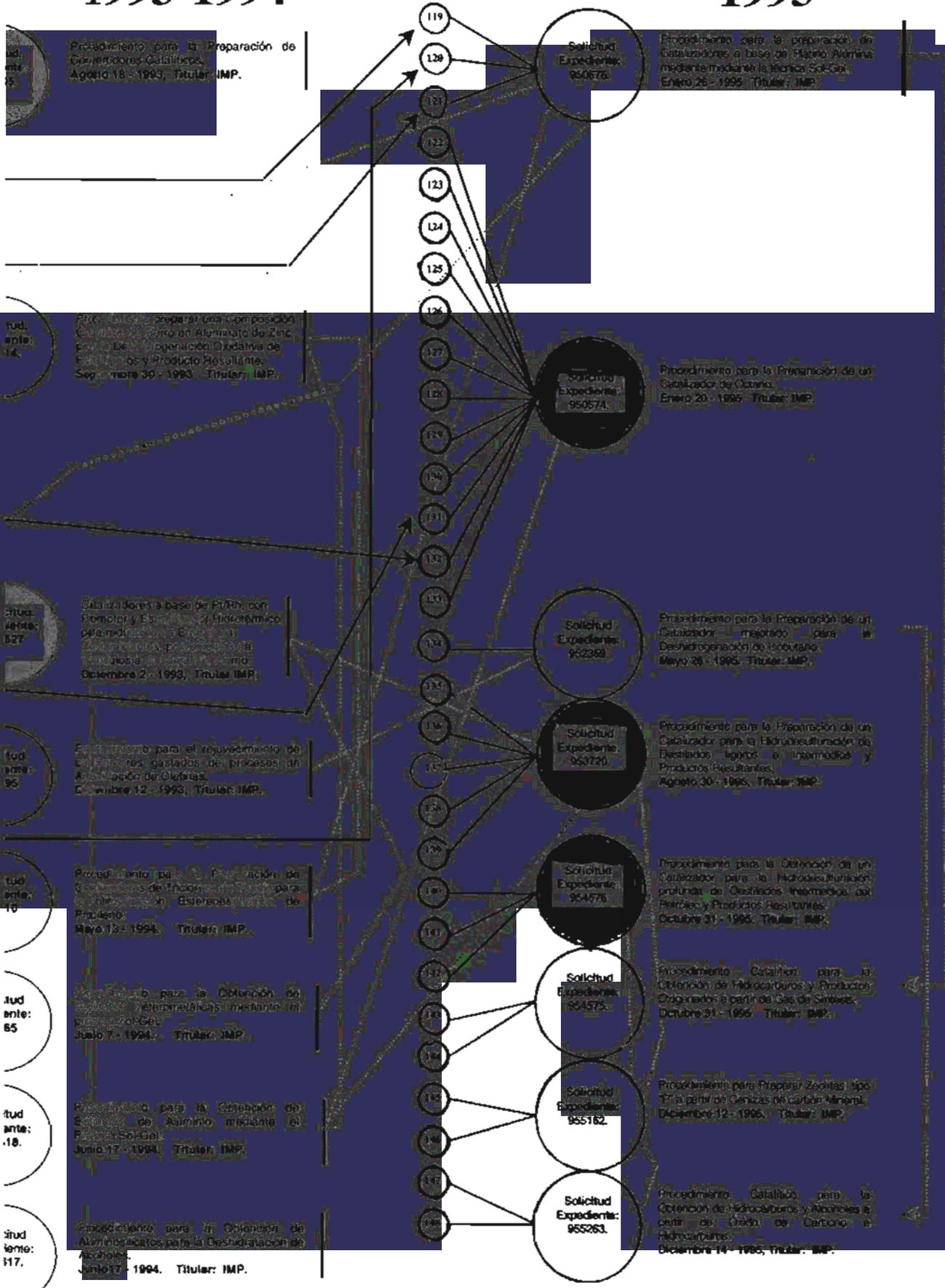
Procedimiento para Preparar Zeolitas tipo TTA a partir de Cenizas de carbón Mineral, Diciembre 12 - 1995, Titular: IMP.

Procedimiento para la Obtención de Catalizadores para la Deshidratación de Alcoholes, Junio 17 - 1994, Titular: IMP.

Procedimiento Catalítico para la Obtención de Hidrocarburos y Alcoholes a partir de Gas de Carbón e Hidrocarburos, Diciembre 14 - 1995, Titular: IMP.

- 114. Patente Mexicana No. 165283
- 115. Patente US 5,111,111
- 116. Patente ES 2,111,111
- 117. Patente ES 2,111,111
- 118. Patente ES 2,111,111
- 119. Patente ES 2,111,111
- 120. Patente ES 2,111,111

- 121. Patente ES 2,111,111
- 122. Patente ES 2,111,111
- 123. Patente ES 2,111,111
- 124. Patente ES 2,111,111
- 125. Patente ES 2,111,111
- 126. Patente ES 2,111,111
- 127. Patente ES 2,111,111
- 128. Patente ES 2,111,111
- 129. Patente ES 2,111,111
- 130. Patente ES 2,111,111



114. Patente Mexicana No. 165283	121. Patente ES 2,111,111
115. Patente US 5,111,111	122. Patente ES 2,111,111
116. Patente ES 2,111,111	123. Patente ES 2,111,111
117. Patente ES 2,111,111	124. Patente ES 2,111,111
118. Patente ES 2,111,111	125. Patente ES 2,111,111
119. Patente ES 2,111,111	126. Patente ES 2,111,111
120. Patente ES 2,111,111	127. Patente ES 2,111,111
	128. Patente ES 2,111,111
	129. Patente ES 2,111,111
	130. Patente ES 2,111,111

III.2 Representación de la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores IMP

En este apartado el análisis de la evolución de las patentes, constituye un medio que hace posible describir y entender los problemas, las soluciones, los intercambios y complementariedades que se generan en torno a la tecnología de catalizadores de la industria de refinación del petróleo. El objetivo del apartado es identificar y exponer las principales relaciones que representan la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores-IMP.

La Gráfica III.A presenta el subconjunto de 37 patentes seleccionadas del total de 109 registradas entre 1980-1995 sobre catalizadores-IMP. El arreglo consistió en agrupar por fecha de presentación, título y número de patente o solicitud.

De la búsqueda, recopilación, selección y análisis de la información contenida en los documentos de patentes en estudio se detectó la serie de relaciones que se muestran en la Gráfica III.A. Estas relaciones permiten de manera coherente demostrar la validez de la hipótesis que sustenta esta investigación. Las relaciones entre patentes son:

1. Patentes que son citadas y anteceden a patentes mexicanas
2. Patentes mexicanas que anteceden al desarrollo de nuevas invenciones de mexicanos.
3. Interrelación de grupos de IyD del área de catalizadores del IMP. Sus integrantes han participado en el desarrollo y patentamiento de invenciones.
4. Patentes comercializadas.

Estas relaciones han sido examinadas a través de los datos que contienen las patentes concedidas en México¹. Los datos empleados son: a) *Clasificación*, b) *Fecha de Presentación*, c) *Título de la Patente*, d) *Nombre del Inventor*, e) *Nombre del Titular*, f) *Antecedentes de la Invención* y g) *Novedad de la Invención*.

La a) *Clasificación Internacional* de patentes ha permitido identificar las patentes y clasificarlas en ocho sectores técnicos que integran el campo de la química (ver cuadros 1 y 2 del Anexo C). Los resultados y análisis del patentamiento en el campo de la química de la industria nacional se encuentra en el Anexo B.

La b) *Fecha de Presentación* y c) *Título de la Patente* permitieron agrupar la disposición y arreglo de la serie de patentes que representan la Trayectoria.

El d) *Nombre del Inventor* corresponde a los titulares y a la vez participantes en Proyectos de Investigación y Desarrollo. A partir del Nombre del Inventor se observa la red de especialistas o expertos que han colaborado de manera multifuncional en diversos proyectos de IyD (una característica de las patentes analizadas, es la participación de más de dos inventores por patente). En

Descripción y Contenido de las Patentes Concedidas en México.

Para realizar un análisis válido de la información de las patentes que constituyen la actividad innovativa de catalizadores del IMP, se realizó una selección y clasificación de la información contenida en los documentos de patentes. La selección de la información consistió en agrupar las variables que constituyen un documento de patente concedida en México. Este agrupamiento se divide en dos apartados:

I. *Descripción General de las Patentes en México*. Las variables que conforman este agrupamiento son:

1. Clasificación
2. Número de Documento
3. Número de Solicitud
4. Fecha de Presentación
5. Fecha de Publicación
6. Datos de Prioridad
7. Título de la Patente
8. Nombre del Inventor
9. Nacionalidad del Inventor
10. Nombre del Titular
11. Nacionalidad del Titular

II. *Contenido de la Patentes*. Está constituido de las siguientes temas:

1. Extracto de la Invención
2. Antecedentes de la Invención
3. Descripción de la Invención
4. Novedad de la Invención

la Gráfica III.A se muestra el ecología invisible o red de expertos que integran la masa crítica en IyD de procesos catalíticos.

La información mas relevantes de estudio es la que está relacionada al proceso mismo de invención-innovación. Concretamente los apartados sobre f) *Antecedentes de la invención* y g) *Novedad de la invención*. La información contenida en estos dos apartados es útil para demostrar y definir la evolución de las tecnologías aplicadas, en este caso a los proceso catalíticos, y que se describe en la sección siguiente como *Actividad Inventiva de Catalizadores IMP*.

Las patentes son invenciones nuevas y susceptibles de aplicación industrial; la Gráfica III.A contiene además, aquellas patentes que han sido comercializadas (sombreadas en color amarillo). Del total de 37 patentes representadas en la gráfica se observa que 11 de estas han sido comercializadas, lo cual indica que aproximadamente el 30% de la actividad inventiva son innovaciones. Este hecho resulta trascendente si consideramos que en 1965 se crea el Instituto Mexicano del Petróleo y las actividades propias de IyD en el área de catalizadores empiezan a dar resultados en 1976 (ver capítulo 2). De hecho las primeras patentes presentadas por investigadores mexicanos del IMP, se registran en 1976² (Comentarios del Dr Francisco J. Hernández -Jefe del área de catalizadores FCC del IMP- indican que el primer grupo de investigación en catálisis en México, inició entre 1965-1966). Por lo tanto el periodo de evolución de tecnología de catalizadores-IMP comprende un intervalo de 19 años - de 1976 a 1995-. Este periodo es fundamental en el proceso de aprendizaje y mejora continua en la actividad inventiva de procesos catalíticos, basados en IyD. Así mismo, resulta obvio que el nivel de patentamiento logrado, refleja el grado y avance de nuevos conocimientos adquiridos.

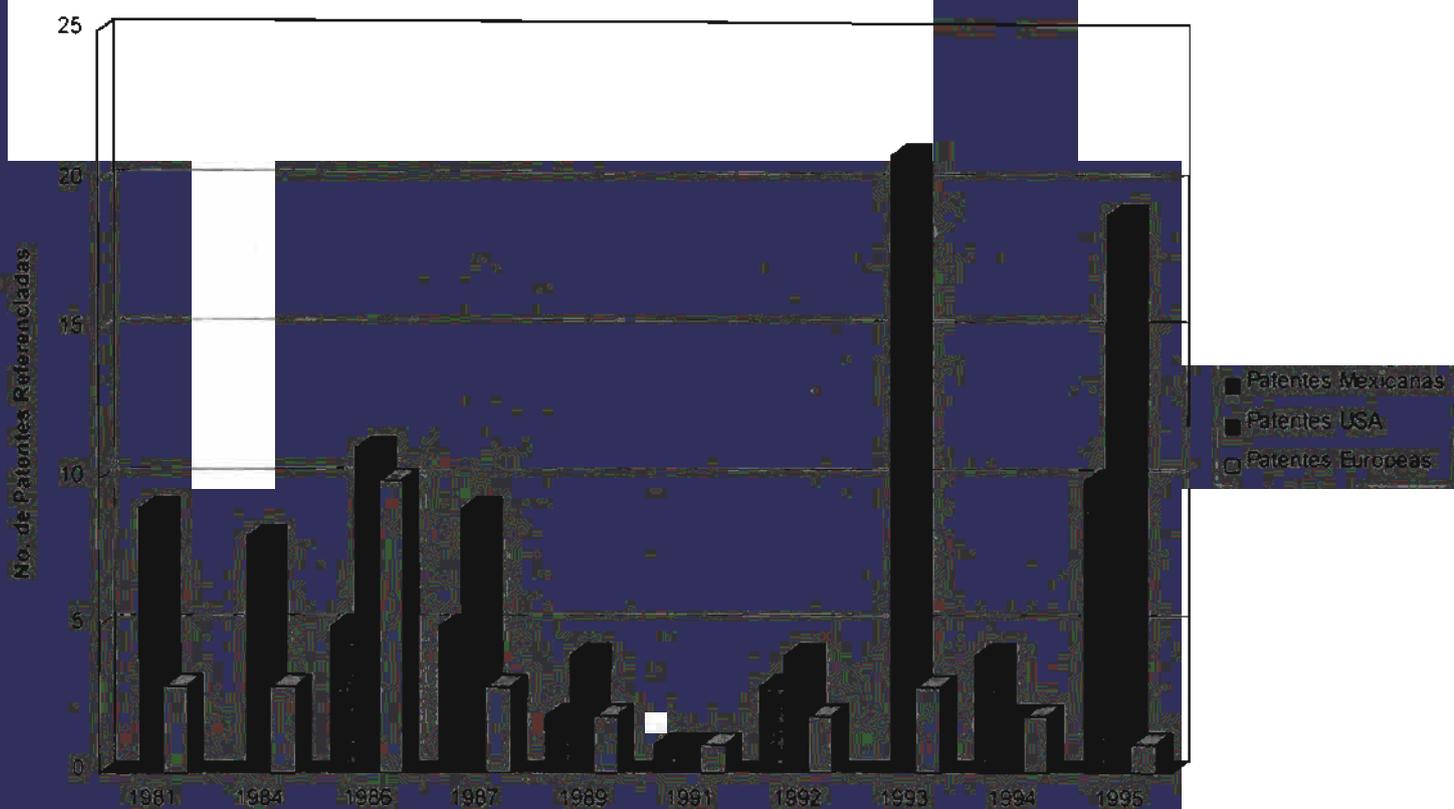
El patrón de origen de nuevos conocimientos adquiridos provienen de patentes de tecnología externas, que incluso datan de principios de 1960, tal como se observa en la Gráfica III.A

En la Gráfica III.B se muestra el número y origen de patentes que son citadas y que antecedan a las 37 patentes de catalizadores-IMP, representadas por año en la Gráfica III.A

² Las primeras patentes mexicanas sobre catalizadores fueron registradas en 1976 por el IMP ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual (IMPI). Estas son:

1. "Composición Catalítica mejorada para la Hidrogenación de Furfural" N° de Documento 142336.
2. "Composición Catalítica mejorada para la Oxidación de Hidrocarburos" N° de Doc. 003606.
3. "Procedimiento mejorado para obtener un catalizador para la Oxidación de Hidrocarburos" N° de Doc. 007394

Gráfica III.B. "Origen y Número de Patentes que son Citadas y Anteceden a las 37 Patentes de Catalizadores IMP, Representadas en la Gráfica III.A



Año	1981	1984	1986	1987	1989	1991	1992	1993	1994	1995	TOTAL
Patentes Mexicanas	0	0	5	5	2	1	3	0	4	10	30
Patentes USA	9	8	11	9	4	1	4	21	2	19	88
Patentes Europeas	3	3	10	3	2	1	2	3	2	1	30
Total	12	11	26	17	8	3	9	24	8	30	148

La Gráfica III.B demuestra que hasta antes de los ochenta, el desarrollo tecnológico de catalizadores IMP se nutrió fundamentalmente de tecnología externa, posteriormente se han generado desarrollos tecnológicos propios; esta autonomía generada es cada vez más el resultado de la generación de capacidades tecnológicas propias. Al acumularse la actividad patentadora entre 1981-1995, se da un patrón en el que una patente mexicana le antecede otra patente nacional (excepto en 1993 -ver Gráfica III.B-). La continuidad observada en el desarrollo de patentes sobre tecnología de catalizadores IMP, es cada vez más frecuente la referencia que se hace a innovaciones nacionales. Este

patrón representa la forma híbrida de como actualmente se lleva a cabo la síntesis acumulativa de desarrollos de tecnologías de catalizadores-IMP, es decir las fuentes de conocimiento e información tienen su origen en tecnología interna y externa.

La evolución de la a) Apropiación, b) Acumulación y c) Selección, (componentes esenciales de la actividad innovadora -ver capítulo 1-), las d) Redes con Socios Tecnológicos y el e) Colegio Invisible (grupo de expertos, profesionales o académicos, de diferentes países que se comunican entre sí), han influido fuertemente en el resultado de capacidades tecnológicas propias del área de catalizadores IMP.

Fortalezas y Debilidades de la representación de la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores-IMP.

El cuestionamiento obligado que surge al observar la trayectoria tecnológica de catalizadores IMP a partir del análisis de 37 patentes seleccionadas, es precisamente porqué únicamente las 37; ¿Por qué no considerar las restantes 72 invenciones, que han sido parte de la actividad innovativa en materia de Catalizadores IMP?. Obviamente la respuesta a esta interrogante está en función del alcance que considera esta tesis. Una investigación de mayor alcance por supuesto, debe de considerar otros elementos de análisis (además de patentes, por ejemplo: publicaciones, gastos en IyD, análisis de mercados, entrevistas, encuestas, etc) en la conformación de la trayectoria y asimismo, debe emplear indicadores que validen la información contenida en ésta.

Situando los pros y los contras respecto a la utilidad de las patentes, existe una crítica recurrente a los indicadores de actividad innovativa que se basan en información sobre patentes {ver Narin y Norma (1987), Patel y Pavit (1994), Aboites (1995)}, debido a que estas no incluyen el total de las invenciones, ni representan el total de las innovaciones llevadas a cabo en una organización (tal es el caso de las mejoras a los procesos productivos). Sin embargo destaca Teitel, S. (1993): "*Los grandes adelantos en la medicina por lo general producen mayores rendimientos que los cambios menores en la manufactura, pero también puede ocurrir con menos frecuencia y puede originar un menor número de patentes. De hecho podría concebirse que la investigación científica y tecnológica no produjera durante un largo periodo prácticamente ninguna patente nueva y, sin embargo el*

patentamiento de una puede resultar ser sumamente importante para el crecimiento económico futuro"

Regresando al cuestionamiento inicial, si bien es cierto que las restantes 72 invenciones reclaman la originalidad de resultados de investigación y/o aplicación, también resulta obvio que nada viene de la nada, todo tiene predecesores y como se ha hecho mención en la sección III.1, el criterio de selección de las 37 patentes consistió en elegir específicamente a aquellas patentes que en sus antecedentes citaran otros documentos de patentes nacionales, y cuyos desarrollos inventivos preceden a la invención que se patenta. La innovación sucede por acumulación de conocimientos, habilidades y experiencias. Sin embargo, es obvio que los indicadores en que se basa la información de patentes no comprende las habilidades y experiencias. Por lo cual se intenta a partir de la comparación entre las patentes referenciadas y no referenciadas (Cuadro III.D) analizar y comprender algo más acerca de la actividad innovativa de catalizadores-IMP.

Cuadro III.D "Patentes de Catalizadores IMP referenciadas y no Referenciadas"

Año	Número de Patentes	Número de Patentes no Referenciadas
1975		
1976		
1977		
1978		
1981	2	
1982		
1983		
1984	4	
1985		
1986	5	
1987	3	
1988		
1989	2	
1991	1	
1992	4	
1993	4	
1994	4	
1995	8	
Total	37	

Se observa que a partir de los ochenta se concentra en mayor grado las patentes de catalizadores IMP que son referenciadas o que referencian en sus antecedentes a patentes extranjeras y/o nacionales. A partir de 1993 aumenta la distribución de patentes referenciadas (ver Gráfica III.A) esto puede deberse en cierta medida, al cambio de reglamentaciones y disposiciones formuladas a la ley de propiedad intelectual con la entrada en vigor del TLC (Tratado de libre Comercio) y a los esquemas comerciales entre "socios tecnológicos" e IMP (ver sección II.4 "*Relación Pemex-IMP-Socios Tecnológicos*").

¿Qué ocurre antes de los ochentas?. Del análisis de los documentos completos de las patentes comprendidas entre los setenta e incluso los ochenta, se observa que las invenciones patentadas fueron enfocadas a la Investigación Básica (la Investigación Básica consisten en experimentos originales y/o investigaciones teóricas que conducen al avance del conocimiento humano) a la vez que sustentan un mayor grado de dispersión en los temas tratados (por ejemplo: "Composición catalítica para la hidrogenación de furfural", "Composición para la oligomerización de etileno", "Catalizador para la obtención de mercaptanos", etc).

De la Gráfica III.A se observan las tendencias de las tecnologías de catalizadores entre 1986 a 1995; los temas que tratan se concentran fundamentalmente al desarrollo de catalizadores zeolíticos, en la preparación de convertidores catalíticos, en la preparación de catalizadores para la hidrodesulfuración, etc. Esto sugiere que a partir de 1986 aprox. la actividad inventiva se sesgó en cierto grado, a la investigación aplicada (la investigación aplicada es una investigación dirigida a hacia la obtención de conocimiento específico, relacionados a la existencia o a planes comerciales de productos, procesos, sistemas o servicios) y al desarrollo tecnológico, en función de las necesidades de Pemex.

III.3 Actividad Inventiva de Catalizadores-IMP

Este apartado tiene como propósito describir el proceso de invención-innovación representado en la Gráfica III.A

En 1981 el IMP patentó dos invenciones.

1. La primer patente reivindica un procedimiento para la preparación de un catalizador mejorado para la epoxidación de propileno. Esta invención se refiere a un procedimiento para la preparación de un catalizador mejorado para la epoxidación de propileno, caracterizado por hacer reaccionar una sal orgánica de molibdeno, un alcohol alifático y un hidroperóxido, a una temperatura comprendida entre 10 y 60°C, durante un tiempo de 30 a 120 minutos y presión atmosférica. Esta invención es antecedida por dos patentes de origen inglés, una canadiense y una patente norteamericana.
2. Asimismo se patenta un proceso para la obtención de un catalizador mejorado para la obtención de acetileno de propileno. Esta invención es antecedida por ocho patentes de origen norteamericano, seis de las cuales corresponden a Universal Oil Products y las restantes dos a Chevy Chase.

En 1984 el IMP patentó cuatro invenciones.

1. La primera patente corresponde a un procedimiento para la preparación de Zeolitas Estereoselectivas. Protege un procedimiento para la preparación de zeolitas estereoselectivas. A esta invención le anteceden dos patentes de origen norteamericano registradas en 1969 por Mobil Oil; la primera reivindica un método para la preparación de zeolita cristalina llamada ZSM-5 y la segunda la preparación de zeolitas.
2. La segunda patente corresponde a un procedimiento para la preparación de un catalizador para la hidrogenación de benceno. A esta invención le antecede una patente norteamericana.
3. La tercera patente ha sido comercializada y corresponde a un procedimiento para la preparación de alúmina como soporte de catalizador. La cual es precedida por dos patentes norteamericanas y una británica. Que tratan sobre producción y uso de catalizadores, así como la invención de un proceso para preparar alúmina trihidratada.

4. La cuarta patente corresponde a un procedimiento para la preparación de catalizador bimetalico de platino molibdeno. Proporciona un novedoso procedimiento para preparar catalizadores bimetalicos ultradispersos, que comprende: el secado de un soporte tal como la alumina gamma, la impregnación de este soporte con soluciones que contienen los iones molibdeno y platino, el secado del soporte impregnado a altas temperaturas con nitrógeno, aire seco e hidrógeno. Esta invención es precedida por una patente francesa, una rusa y tres norteamericanas. La patente rusa No. 681904 protege un catalizador a base de Ni-Mo; la patente francesa No. 2453671 está relacionada con un catalizador que comprende Pt, Bi, Cr, Mo y Mn; la patente norteamericana No. 2736995 cubre un catalizador de Pt, Mo-W; la patente norteamericana No. 3880748 se relaciona con un catalizador para la reformación de naftas a base de Pt-Mo-In y la patente norteamericana No. 3880748 se relaciona con un catalizador que comprende Pt-In-Mo.

En 1986 el IMP patenta cinco invenciones:

1. La primera es una invención que ha sido comercializada, y por tanto es una innovación. Reivindica un procedimiento para preparar un catalizador para la transformación selectiva de hidrocarburos y productos resultantes. La invención proporciona un novedoso procedimiento para preparar catalizadores multicomponentes para diversas transformaciones de hidrocarburos que comprende: asociar una zeolita cristalina estereoselectiva y un hidróxido inorgánico, extraer, secar y calcinar posteriormente el material a temperatura elevada en aire seco, generando así una zeolita cristalina estereoselectiva asociada a un óxido inorgánico poroso; impregnar el material con una solución acuosa de uno ó varios metales y secar el sólido impregnado a temperaturas elevadas, respectivamente en nitrógeno seco, aire seco e hidrógeno seco. Esta patente es precedida por tres patentes mexicanas, cuyo titular es el IMP; la solicitud de patente de la misma titular, describe un procedimiento para preparar un material cristalino del tipo zeolítico, que consiste en hacer reaccionar un compuesto que contiene silicio y con otro compuesto que contiene el catión tetraalquil-amonio, para obtener un gel, el cual se cristaliza para producir la zeolita estereoselectiva cristalina. Por otra parte la patente No. 203647 describe un procedimiento para preparar alúminas utilizadas como catalizador o soporte de catalizadores, que comprende hacer reaccionar un alcohol alifático de 3 a 8 átomos de carbono en su molécula, de tipo lineal o ramificado y en estado anhidro,

con aluminio metálico, en presencia de un activador, separar el gel formado estas tres fueron patentadas en 1984, dos de las cuales fueron descritas anteriormente; se trata del procedimiento para la preparación de zeolitas estereoselectivas y del procedimiento para la preparación de alúminas como soporte de catalizadores (también comercializada). La solicitud de patente mexicana 203110 se relaciona con un procedimiento para reformar naftas empleando una zeolita estereoselectiva a la cual se le deposita un metal y posteriormente se combina con un óxido inorgánico poroso, para obtener un catalizador eficiente en procesos de transformación de hidrocarburos; notablemente, este proceso permite la reformación de naftas incrementando su octanaje al pasar la carga en dos reacciones sucesivas, primero con un catalizador que consiste en uno o más metales depositados sobre un soporte poroso constituido por un óxido inorgánico, y posteriormente tratar el efluente con una zeolita estereoselectiva que contiene un metal.

2. La segunda, es una innovación y se trata de un procedimiento para la preparación de un catalizador para abatir la temperatura de escurrimiento de aceites lubricantes, a la cual le anteceden cinco patentes: tres de origen europeo, dos norteamericanas y una mexicana. Las tres patentes de origen europeo son: Patente Europea No 3,980,550 que protege un proceso para separar fracciones de gasóleos utilizando como catalizador una zeolita de aluminosilicato que tiene una elevada relación de sílice alúmina en el cual la zeolita está mezclada con dos metales, uno de ellos un metal de transición multivalente y el otro un metal noble del grupo VIII de la tabla periódica siendo el primer metal zinc o cadmio y el segundo platino, paladio ó iridio. La patente europea N° EP 0 044 965 A1 se relaciona con una composición catalítica constituida por un metal del grupo VI B de la tabla periódica, soportada en un óxido poroso refractario y sílice cristalina y con el proceso para tratar una carga de hidrocarburos a temperaturas y presiones elevadas, utilizando dicho catalizador. La patente europea N° EP 0 027 380 A1 protege un método mejorado para preparar un catalizador a base de zeolita metálica, que comprende combinar una solución de un compuesto que contiene un metal del grupo VIII A de la tabla periódica, con una zeolita de bajo contenido de metales alcalinos o alcalinotérreos adicionando un aglutinante y agua para integrar una masa extruible siendo el aglutinante alúmina y el metal paladio y níquel. Las dos patentes norteamericanas que también anteceden a esta patente mexicana son: Patente Norteamericana No. 4,247,386 y la Patente

Norteamericana 4,247,388 que está relacionada con un proceso para desparafinar aceites, poniéndolos en contacto con hidrógeno a temperaturas y presiones elevadas, en presencia de una zeolita de aluminosilicato cristalino de tipo ácido, en el cual la zeolita se trató previamente con vapor o se intercambió con compuestos que contienen cationes de metal alcalino. Y por último también le antecede la solicitud de patente mexicana No. 199497, propiedad de la solicitante, se refiere a un procedimiento para hidrodesparafinar aceites lubricantes, que comprende poner en contacto un aceite lubricante con hidrógeno, en presencia de un catalizador que consiste de una zeolita, un metal noble de la familia del platino y gamma-alúmina a altas presiones y temperaturas. El producto se pasa a un separador en donde se eliminan los gases y la gasolina contenidos en el aceite lubricante, para obtener este último libre de parafinas .

3. La tercer patente corresponde a la invención de un método mejorado para la preparación de zeolitas estereoselectivas que se producen en la forma alcalina de un silicoaluminato cristalino, del cual no existe contraparte natural alguna en los minerales conocidos y que posee propiedades catalíticas únicas. A esta invención le anteceden dos patentes europeas (Patentes Europeas N° 0,011,362 y N° 886833) y la patente Norteamericana No. 3,702,886. La patente europea 0,011,362 cubre un método de preparación de zeolitas, en el cual se añeja una mezcla reaccionante de óxidos de silicio y aluminio, en medio alcalino a alta temperatura durante seis horas, posteriormente se hace reaccionar. La patente norteamericana se refiere a una zeolita cristalina denominada ZSM-5, la cual es preparada al poner en contacto un compuesto que contiene el catión tetrapropilamonio con óxido de sodio, óxido de silicio y agua, mezcla que después de ser calentada hasta temperaturas que alcanzan los 175° C es cristalizada por periodo de cinco a nueve días.

4. La cuarta patente mexicana corresponde a un proceso para la producción de zeolitas estereoselectivas para usarse en la refinación de aceite crudo y sus derivados. Esta invención describe un proceso para la preparación sintética de zeolitas estereoselectivas que en términos de calidad catalítica y disponibilidad de materias primas, la hacen superior a los productos similares obtenidos por técnicas convencionales. Esta invención es antecedita por tres patentes de origen norteamericana, cinco de origen europeo (belga, francesa, alemana, australiana) y una patente

mexicana. La patente norteamericana No. 3.702,886 se refiere a una zeolita cristalina denominada ZSM-5, la cual es preparada al contactar un compuesto que contiene el catión tetrapropilamonio, óxido de sodio, óxido de silicio, óxido de aluminio y agua, mezcla que después de calentar cristaliza por un periodo de cinco a nueve días. La patente norteamericana No. 4,151,189 reivindica un procedimiento para la síntesis de zeolitas empleando una alquilamina en la cristalización de las mismas. La patente norteamericana No. 4,296,083 proporciona un método para preparar una zeolita estereoselectiva, empleando como agente templante una amina. La patente europea No. 0 011 362 reivindica un método de síntesis de estas zeolitas que comprende la adición de una alquilamina, un haluro de alquilo y metil etil cetona al sistema reaccionante, añejamiento del gel formado y tiempos prolongados de cristalización de la zeolita. La patente belga No. 886,833 protege un método para la obtención de estas zeolitas empleando etilendiamina, dos 16 horas de envejecimiento de la mezcla reactiva y temperaturas de 50 a 250°C para cristalizarla. La patente francesa N° 8,105,003 está relacionada con un procedimiento de síntesis en donde se emplea un alcohol como agente templante para la cristalización. La patente alemana No. 2,935,123 emplea un compuesto que contiene el anión oxhidrido para lograr la cristalización de la zeolita estereoselectiva. La patente australiana No 70,481/74 indica que las zeolitas estereoselectivas pueden ser preparadas empleando una alquilamina en condiciones hidrotérmicas tales que el tiempo de reacción empleado es mayor de 24 horas. La patente mexicana N°. 203 445 cubre un método para preparar una zeolita estereoselectiva a partir de un silicoaluminato, haciéndolo reaccionar con un catión tetraalquilamonio a 150°C durante siete horas.

5. La quinta invención patentada corresponde a un procedimiento para la preparación de un catalizador para la hidrogenación de hidrocarburos aromáticos en corrientes de hexano normal. Le anteceden cinco patentes norteamericanas patentadas a fines de sesentas y principios de los setenta.

En 1987 el IMP patenta tres invenciones.

1. La primera invención reclama un procedimiento mejorado para la obtención de zeolitas estereoselectivas, la cual ha sido comercializada. Esta patente es una innovación; a la cual le antecede cinco patentes, cuyo titular es el IMP, patentadas entre 1984 y 1986.

2. La segunda patente corresponde a un procedimiento para la preparación de un catalizador para la producción de acetona. Le anteceden tres patentes de origen inglés y tres norteamericanas.
3. La tercera patente reivindica la invención de un procedimiento para la preparación de un catalizador de alta selectividad para deshidrogenación de compuestos alquilaromáticos. Esta invención es precedida por seis patentes de origen norteamericano, cuyos titulares son, entre otros, Shell Oil Co., Shell Development, Condiar Chemical. Estas seis patentes están relacionados con procesos de deshidrogenación catalítica, catalizadores para la deshidrogenación e hidrogenación catalítica de alquilaromáticos.

En 1989 el IMP patenta dos invenciones:

1. La primera patente reivindica un procedimiento para la preparación de un catalizador para la obtención de gasolinas de alto número de octano y aromáticas. En esta invención se describe un procedimiento para la preparación de un catalizador altamente selectivo para la obtención de gasolinas con alto número de octano así como de compuestos aromáticos, mediante el proceso de reformación de naftas semi-regenerativo o con regeneración continua, que se caracteriza por que el catalizador puede operar a condiciones severas de operación, manteniendo estables sus propiedades físicas y químicas en diversos ciclos de operación-regeneración. Esta invención es precedida por cuatro patentes norteamericanas y dos francesas que a continuación se explica. La patente norteamericana No. 3883419 protege el procedimiento de preparación de un catalizador de platino-estaño, por el método de impregnación secuencial de platino-estaño en atmósfera inerte y metanol; secado; calcinación, y activación del catalizador, el cual es aplicable a la conversión de hidrocarburos para el proceso de reformación de naftas. La patente norteamericana No. 3994832 establece el método de preparación de un catalizador de platino y estaño impregnados sobre un óxido inorgánico refractario pretratado con un agente quelante. Este catalizador es utilizado en la reformación catalítica de hidrocarburos para producción de gasolinas de alto número de octano o aromáticas. La patente norteamericana No. 4529505 está relacionada con la obtención de un catalizador multimetálico de platino, estaño, indio, para la reformación de hidrocarburos en la

obtención de gasolinas de alto octano. La patente norteamericana No. 3998723 se refiere a un proceso de deshidroclización de hidrocarburos a baja presión, usando un catalizador multimetálico de platino, estaño, radio, preparado por métodos de impregnación, congelación y coprecipitación de los metales sobre un soporte inorgánico. La patente francesa No. 0020240 protege un catalizador empleado para la reformación e isomerización de hidrocarburos para obtener gasolinas con alto número de octano, esta compuesto de platino, estaño, cloro y un metal de los grupos IA y IIA de la tabla periódica, integrado por método de doble impregnación en un soporte sólido tal como un óxido inorgánico. La patente francesa No. 2545380 se relaciona con un procedimiento de fabricación de un catalizador ácido de platino, estaño, germanio y plomo en el que el estaño se adiciona como un compuesto organometálico. La invención se aplica a la reformación de hidrocarburos para producción de gasolinas e hidrocarburos aromáticos.

2. La segunda patente es una composición catalítica para la conversión de hidrocarburos. La presente invención se relaciona con una composición catalítica para la conversión de hidrocarburos, caracterizada por estar constituida por la asociación íntima de un óxido inorgánico, un metal y dos materiales zeolíticos de estructura cristalográfica diferente, es decir una zeolita tipo mordenita y una zeolita estereoselectiva, respectivamente. Esta patente es precedida por las solicitudes de patentes mexicanas No. 203445 y No. 203647 de la misma titular, describen respectivamente un procedimiento para preparar una zeolita estereoselectiva y un procedimiento para preparar alúminas utilizadas como catalizadores o soportes de catalizadores.

En 1991 el INMP patenta un procedimiento mejorado para la obtención de alúminas sintéticas. La invención se relaciona con un procedimiento para la obtención de alúminas sintéticas mediante la técnica Sol-Gel, el cual produce un tipo particular de alúmina de transición caracterizado como boehmita, que se obtiene a partir de la reacción del aluminio metálico con el 2-propanol, produciendo el isopropóxido de aluminio, el cual posteriormente se hidroliza y peptiza para generar el producto deseado. Le anteceden una patente norteamericana, una inglesa y una patente mexicana.

La patente norteamericana 2874130 describe la producción de una alúmina trihidratada, sintetizada a partir de una solución de una sal ácida de alúmina.

La patente inglesa 795719 se relaciona con la preparación de un hidrosol a partir de un alcoholato de aluminio en solución con adición de ácido acético, formando una mezcla, la cual fue hidrolizada y agitada vigorosamente.

La patente mexicana 203647 se relaciona con un procedimiento para obtener alúmina gama mediante la reacción de un alcohol con aluminio metálico, en presencia de un activador a base de cloruro de mercurio, para formar un alcoxido de aluminio el cual se hidroliza para obtener alúmina en forma de

gel.

En 1992 el IMP ~~patentó cuatro invenciones:~~

1. La primera invención describe un procedimiento para preparar una zeolita cristalina y particularmente describe un método para obtener una zeolita estereoselectiva de poro grande. Los materiales zeolíticos tanto naturales como sintéticos, han demostrado a lo largo de los años tener propiedades catalíticas en distintas reacciones. Ciertos materiales zeolíticos, son aluminosilicatos cristalinos con estructura porosa ordenada, formada por canales de tamaño uniforme. Las dimensiones de estos poros son tales que aceptan por adsorción moléculas de ciertas dimensiones y rechazan moléculas de dimensiones más grandes, conocidos como mallas moleculares y son utilizados en una variedad de procesos debido a sus propiedades catalíticas y de intercambio. Es por lo tanto un objeto de la invención, proporcionar un procedimiento para la obtención de una zeolita estereoselectiva de poro grande de alta cristalinidad, para emplearse como catalizador en diversos procesos de la industria petroquímica. Esta patente tiene como antecedentes dos patentes mexicanas: en la solicitud de patente mexicana No. 203445 se describe un procedimiento para preparar un sólido cristalino, que consiste en hacer reaccionar un compuesto de aluminio y un álcali en solución acuosa, con un compuesto de silicio en presencia de un catión tetrapropilamonio, obteniéndose un gel, el cual se cristaliza hidrotérmicamente, produciendo una zeolita estereoselectiva que contiene un metal en la estructura; asimismo, la patente mexicana No. 8902 describe un procedimiento mejorado para la preparación de zeolitas estereoselectivas en ausencia de bases alquilamonio cuaternarias, el cual consiste en hacer reaccionar un compuesto de

- aluminio con una solución acuosa de hidróxido de sodio, añadiendo en seguida un compuesto de silicio dando lugar a la formación de un gel, el cual permite la cristalización de una zeolita, de tamaño de cristal homogéneo cuando en el proceso se añade una pequeña porción de una zeolita estereoselectiva previamente preparada, en mezcla de acetona.
2. La segunda invención se relaciona con un procedimiento para la obtención de silicoaluminatos mediante la técnica sol-gel, el cual produce un tipo particular de silico-aluminato caracterizado como mullita, que se obtiene a partir de la reacción de aluminio metálico con 2-propanol produciendo el isopropóxido de aluminio, el cual se somete a hidrólisis y peptización con objeto de obtener el hidróxido de aluminio. Le anteceden dos patentes norteamericanas y una europea: en la patente norteamericana 3865599, cuyo título es el de "Producción de fibras de óxido de aluminio", describe un proceso para producción de fibras, mediante un secador rotatorio, empleando una solución neutra o básica de sal de aluminio, un éster ácido silícico hidrolizado o un alcoxisilano y el óxido de propileno. En la patente norteamericana del 11 de marzo de 1970, nombrada "Manufactura de fibras de alumina sílica a alta temperatura" se reivindica la producción de fibras de alumina sílica. En la patente europea 36683 del 30 de septiembre de 1981, se menciona que las mono-olefinas con al menos cuatro átomos de carbono en la molécula y mezclas de hidrocarburos, consistentes de al menos 75% en peso de C4; pueden convertirse en hidrocarburos aromáticos usando ciertos aluminosilicatos como catalizadores.
 3. La tercera invención se relaciona con un procedimiento para la obtención de materiales cerámicos tales como silico-aluminatos, mediante la técnica sol gel, el cual produce un tipo particular de compuesto ternario caracterizado tipo cordierita. Los aluminosilicatos combinados con la cordierita dan origen a una gran variedad de materiales cerámicos de alta resistencia termomecánica, la cual permite importantes aplicaciones industriales. La cordierita se caracteriza por presentar un bajo coeficiente de expansión térmica, debido a esta propiedad se utiliza extensamente como sustrato de circuitos integrados, en la fabricación de hornos y de encapsuladores para la transmisión de microondas, siendo su aplicación industrial más importante aquella que se refiere a su uso como soporte monolítico de catalizadores para el control de emisiones contaminantes. A esta invención le anteceden una patente francesa y una patente mexicana. En la patente francesa 2585015 de la CNRS

del 23 de Enero de 1987 se muestra que es posible obtener cordierita a partir de la hidrólisis de los óxidos de aluminio y silicio y del acetato de magnesio en una solución de ácido acético. Otro método para la obtención de cordierita es el que se lleva a cabo mediante reacciones de estado sólido, tal como se reporta en la patente mexicana No. 18954; en este caso, la obtención de cordierita se hizo mediante reacciones en estado sólido, a partir de fases laminares compuestas de filosilicatos hidratados y de origen natural.

4. La cuarta invención está relacionada con un procedimiento para la obtención de hidroperóxido de terbutilo, mediante la oxidación directa de isobutano en fase líquida con oxígeno o aire en fase gaseosa. Como una consecuencia de su importancia en la industria química, es deseable que los procesos de producción de hidroperóxido de terbutilo sean a gran escala, principalmente desarrollados a partir de insumos disponibles. Sobre esta base se planteó, la ruta potencial para obtener el hidroperóxido de terbutilo a partir de isobutano. A esta invención le anteceden dos patentes norteamericanas: en la patente norteamericana No. 2408081 se describe un proceso para la oxidación de isobutano, el cual se lleva a cabo usando tres reactores en serie (que operan en la misma fase líquida). En la patente norteamericana No. 2845461 se describe el proceso para la oxidación de isobutano, este consta de dos fases: 1) la obtención de hidroperóxido de terbutilo en fase líquida sin catalizador y 2) la epoxidación de isopropilo.

En 1993 el IMP *patenta cuatro invenciones*

1. La primera invención se relaciona con un procedimiento para la preparación de convertidores catalíticos para la reducción de compuestos inocuos del monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno, provenientes de las emisiones vehiculares que consumen gasolinas sin plomo. El desarrollo económico, político y social de la Cd. de México, ha ocasionado que un gran núcleo poblacional, se concentre en áreas relativamente pequeñas trayendo consigo diversos problemas, entre los que destaca el deterioro del medio ambiente urbano y de las zonas aledañas ocasionado principalmente por la contaminación del aire debido a las fuentes móviles vehiculares, las cuales emiten monóxido de carbono, hidrocarburos no quemados y óxidos de nitrógeno. La estrategia que se tomó para reducir estos contaminantes es mediante el empleo de dispositivos

llamados convertidores catalíticos automotrices, los cuales ya están siendo usado en países como USA, Canadá, Japón, Inglaterra, entre otros. Al desarrollo de esta invención le anteceden cuatro patentes norteamericanas.

2. La segunda invención se relaciona con un procedimiento para la preparación de un sistema catalítico empleado en la deshidrogenación oxidativa de hidrocarburos. Le anteceden las patentes norteamericanas números: 3937746; 3960767; 3998760; 4937793; 4332972; 3852370; 3931351; 3951869; 3828101 y 3849545, discuten y describen ampliamente algunos procesos de oxidación selectiva de hidrocarburos sobre catalizadores a base de fierro, incorporado básicamente en compuestos denominados ferritas. La segunda invención tiene por objeto proveer un novedoso sistema catalítico, caracterizado porque el elemento activo a base de fierro se soporta sobre un material cerámico constituido de aluminato metálico, el cual cuando se emplea en la reacción de deshidrogenación oxidativa de hidrocarburos ligeros exhibe altos niveles de conversión y selectividad hacia el producto deseado.
3. La tercera invención se refiere a un procedimiento novedoso para obtener un catalizador para convertidores catalíticos, el cual está constituido por lantano como promotor de estabilidad hidrotérmica, cuyas funciones principales son: mantener a alta temperatura, la estructura cristalina del recubrimiento de alúmina, estabilizando así mismo, su área superficial y la dispersión de los metales activos durante un tiempo prolongado. En el procedimiento se emplea el método de impregnación de incipiente de soportes catalíticos con soluciones ácidas del estabilizador y de los metales activos. A esta invención le anteceden cuatro patentes norteamericanas y una francesa.
4. La cuarta invención se refiere al procedimiento para el rejuvenecimiento de catalizadores gastados de procesos de amoxidación de olefinas. Esta invención describe el rejuvenecimiento o reactivación de catalizadores gastados los cuales contienen diferentes óxidos metálicos, mediante una serie de etapas que incluyen la reposición de especies catalíticas vía impregnación de los metales gastados, y en particular, el rejuvenecimiento del catalizador gastado empleado en el proceso de obtención de acrilonitrilo a partir de una mezcla gaseosa de propileno, amoníaco y aire, denominado proceso de amoxidación. A esta invención le anteceden dos patentes alemanas y tres norteamericanas. En la patente alemana 2352196 se reivindica un proceso para la regeneración de una matriz catalítica la

cual contiene óxidos de cobalto-molibdeno, níquel-molibdeno, manganeso-molibdeno y otras mezclas, mediante una impregnación del catalizador con una solución, que contiene compuestos de bismuto, fierro, telurio y otras mezclas las cuales son solubles y posteriormente un tratamiento térmico con el que se forman las especies activas del catalizador. La patente alemana 7411063 menciona que la desactivación del catalizador ocurre por una pérdida del molibdeno durante el proceso de amoxidación y recomienda que la reactivación del catalizador gastado sea en situ, es decir sin separación del catalizador del reactor, adicionando molibdeno y un inerte al catalizador de amoxidación. La patente norteamericana 2973326 describe la regeneración de catalizadores que contienen fierro y molibdeno, en donde se restablece el molibdeno por una impregnación del catalizador gastado con una solución amino molibdica y una subsecuente eliminación del solvente, para finalmente realizar un tratamiento térmico del catalizador. La patente norteamericana No. 3629148 indica que la incorporación de fierro en la solución de fosfomolibdato de bismuto empleado en la regeneración del catalizador gastado incrementa la actividad catalítica. En la patente norteamericana 4052332 se describe el empleo de trióxido de molibdeno y ácido fosfórico para la regeneración de las especies activas faltantes en el catalizador gastado.

En 1994 el IMP patenta cuatro invenciones

1. La primera invención se relaciona con un procedimiento para la preparación de tricloruro de titanio para la polimerización estereo-específica de propileno, el cual se caracteriza por llevarse en tres etapas. El catalizador obtenido es el componente principal de un sistema catalítico integrado además por un co-catalizador (cloruro de dietil aluminio) y un agente promotor de selectividad, que en conjunto aplicados al proceso de polimerización de propileno, permite lograr un alto desempeño en función de rendimiento e isostacticidad. Le antecede la patente norteamericana No. 4210738, la cual describe un proceso para la obtención de un catalizador que emplea éteres para la remoción de venenos de catalizador para lograr substancialmente la actividad del mismo.
2. La segunda invención se relaciona con un procedimiento para la obtención de espinelas bimetalicas mediante el proceso sol-gel, el cual produce un tipo particular de espinelas conocidas como

aluminatos, que se obtienen a partir de la reacción de alcóxidos heterometálicos de aluminio. Esta patente es precedida por una patente europea y una mexicana. En la patente europea No. 227374 cuyo título es "Espinelas microcristalinas de óxidos de metales de transición", se describe un proceso para la producción de espinelas en un rango de composición de 30 a 100 por ciento en peso de aluminio y de 70 a 0 por ciento en peso de otros óxidos inorgánicos, se menciona además que las cerámicas resultantes, pueden estar en forma de fibras, gránulos, películas, microesferas, una de las aplicaciones es reforzar estructuras o como agente activo en la industria de catalizadores (por otra parte, se menciona que las cerámicas de esta invención son de bajo costo y poseen propiedades físicas y químicas adecuadas tales como: alta resistencia, alta elasticidad, y resistencia química). La patente mexicana 1339, titulada "Procedimiento mejorado para la obtención de aluminas sintéticas", se describe un procedimiento para la obtención de aluminio metálico con 2-propanol.

3. La tercer patente se relaciona con un procedimiento para la obtención de espinelas bimetalicas, el cual produce un tipo particular de espinelas conocidas como aluminatos, dicho procedimiento se lleva a cabo a partir de la reacción de alcóxidos y se efectúa en medio ácido o básico, dependiendo de las características estructurales deseadas para el producto. En medio ácido se favorece la condensación del sistema reaccionante, por otro lado en medio básico se favorece la hidrólisis. Esta invención es antecedida por una patente mexicana y una europea: en la patente europea 227327, cuyo título es "Espinelas microcristalinas de óxido de metales de transición", se describe un proceso para la producción de espinelas; en la patente mexicana 1339 se describe un procedimiento para la obtención de alúmina mediante la reacción de aluminio metálico con 2-propanol.
4. La cuarta patente se relaciona con un procedimiento para la obtención de aluminosilicatos para la deshidratación de alcoholes, mediante el proceso sol-gel, el cual produce un tipo particular, que se obtienen a partir de la reacción de alcóxidos heterometálicos de aluminio y silicio. La hidrólisis de los alcóxidos se caracteriza por efectuarse en medio ácido o básico, dependiendo de las características estructurales deseadas por el producto. En medio ácido se favorece la hidrólisis del sistema reaccionante, por otro lado en medio básico se favorece la condensación. Esta invención es precedida por una patente norteamericana y dos mexicanas. En la patente norteamericana titulada "Manufactura de fibras de alúmina sílica" reivindica la producción de fibras policristalinas de baja

conductividad, alta estabilidad térmica y apreciable resistencia a los esfuerzos mecánicos. En la patente mexicana 20815, se menciona un procedimiento de obtención de silicoaluminatos mediante la técnica sol-gel, el cual produce un tipo particular de silicoaluminato caracterizado como mullita, que se obtiene a partir de la reacción de aluminio metálico con 2-propanol produciendo el isopropóxido de aluminio, el cual se somete a hidrólisis y peptización con objeto de obtener el hidróxido de aluminio. En la patente mexicana 1339 titulada "Procedimiento mejorado para la obtención de alúminas sintéticas", se describe un procedimiento para la obtención de alúmina mediante la reacción de aluminio metálico con 2-propanol.

En 1995 el IMP patenta ocho invenciones

1. La primera invención se relaciona con un procedimiento para la obtención de catalizadores a base de alúminas intercambiadas, que produce un tipo particular conocido como fase gamma, a partir de la reacción de alcóxidos heterometálicos de aluminio. La hidrólisis de los alcóxidos se caracteriza por efectuarse en medio ácido o básico, dependiendo de las características estructurales deseadas para el producto. En medio ácido se favorece la hidrólisis del sistema reaccionante, por otro lado en medio básico se favorece la condensación. Le anteceden tres patentes mexicanas. La patente mexicana 203647 se relaciona con un procedimiento para obtener alúmina gamma mediante la reacción de un alcohol con aluminio metálico, en presencia de un catalizador formado en base de cloruro de aluminio, obteniéndose un alcóxido de aluminio el cual se hidroliza y se obtiene un gel de alúmina, posteriormente se seca y se activa para obtener la fase cristalográfica deseada. En la patente mexicana 20815, se menciona un procedimiento de obtención de silicoaluminatos mediante la técnica sol-gel, el cual produce un tipo particular de silicoaluminato caracterizado como mullita, que se obtiene a partir de la reacción de aluminio metálico con 2-propanol produciendo el isopropóxido de aluminio, el cual se somete a hidrólisis y peptización con objeto de obtener el hidróxido de aluminio. Posteriormente se adiciona tetraetilortosilano, continuando la etapa de síntesis con operación de reflujo con agitación y temperatura constantes. En la patente mexicana 1339 se describe un procedimiento para la obtención de alúminas sintéticas mediante la reacción de aluminio metálico con 2-propanol.

2. La segunda invención (que ha sido comercializada y por lo tanto caracterizada como innovación) se refiere a un procedimiento para la preparación de un catalizador promotor de octano de las gasolinas obtenidas en el proceso de desintegración de gasóleos en lecho fluido. Con este procedimiento se tiene que la matriz del catalizador permite maximizar el aprovechamiento de la zeolita estereoselectiva, impidiendo el enclaustramiento de la misma. El procedimiento se lleva a cabo a partir de una arcilla natural del tipo de la caolinita y un compuesto conteniendo fósforo y mezclados con una zeolita estereoselectiva tipo ZSM-5. El catalizador obtenido se aplica en combinación con un catalizador conteniendo una zeolita de poro grande de la fanjasita y en los procesos de desintegración catalítica fluida. Esta innovación está precedida por seis patentes mexicanas y seis patentes norteamericanas.
3. La tercera invención se relaciona con un procedimiento para la preparación de catalizadores para la deshidrogenación de hidrocarburos, a base de óxidos metálicos impregnados en un soporte catalítico. Mediante el procedimiento de la presente invención, se obtienen catalizadores constituidos de por lo menos un óxido de un metal del grupo VI-B de la tabla periódica, promovido por un elemento metálico del grupo IA de la tabla periódica ambos soportados en un óxido de aluminio de alta pureza. La presente invención es precedida por la patente mexicana No. 165229 que presenta un método de preparación de catalizadores cromo-alúmina promovidos por calcio y molibdeno basado en doble impregnación del soporte. En la primera impregnación se introduce el elemento promotor y en la segunda se agrega el metal activo, suministrando tratamiento térmico de secado y calcinación entre impregnaciones y al final de las mismas.
4. La cuarta invención está relacionado con un procedimiento para la preparación de un catalizador novedoso para el proceso de hidrodesulfuración e hidrodesnitrogenación de destilados ligeros e intermedios. El catalizador objeto de la presente invención, está constituido básicamente por metales activos y promotores cuyos elementos pertenecen a los grupos VIII y VI A de la tabla periódica; posee propiedades específicas especialmente para la conversión de compuestos de azufre y nitrógeno de las fracciones ligeras e intermedias del petróleo. Esta invención ha sido comercializada. Le anteceden cinco patentes norteamericanas. La patente norteamericana 3755148 se refiere a un procedimiento para obtener catalizadores de hidrotreamiento y condiciones de

proceso para hidrotatar diferentes cargas con el mismo, el catalizador es preparado a base de Mo o W y Ni o Co y P, preferentemente Mo, Ni y P, empleando como sales de partida, heptamolibdato de amonio, nitrato de níquel y ácido fosfórico en solución acuosa y soportes de gama alúmina y sílice alúmina; la patente norteamericana 3897365, describe un método para la preparación de catalizadores para hidrotatamiento a base de Mo, Ni y P soportados en alúmina con alto contenido de metales, sobre todo molibdeno, el cual se ha incorporado en parte durante la fabricación del soporte, después de extraer, pastillar o peletizar la parte restante se incorpora por impregnación de una solución en la cual se integran el níquel y fósforo requeridos. La patente norteamericana 3980552 describe un procedimiento para la preparación de catalizadores para hidrotatamiento, en el cual se incorporan molibdeno como molibdato de amonio, mediante un proceso de integración de metales activos via generación de hidrogeles de alúmina o sílice para obtener un soporte con el contenido total deseado de molibdeno y posteriormente integrar el cobalto por impregnación de una solución acuosa de nitrato de cobalto. La patente norteamericana 4051021 se reivindica un proceso y catalizador de hidrodesulfuración, en donde dicho catalizador posee preferentemente más del 90% de sus poros con diámetros entre 70 y 160 amstrong (dicho catalizador puede contener Co, Mo, SiO₂ y Al₂O₃ e hidrotatar diversas fracciones del petróleo). La patente norteamericana No. 4,665,048 reclama un procedimiento para la preparación de catalizadores de hidrotatamiento, por medio de la impregnación de alúmina con soluciones amoniacales de metales de los grupos VIA y VIII.

5. La quinta invención (ha sido comercializada) está relacionada con un procedimiento para la preparación de un catalizador novedoso para la hidrodesulfuración profunda de fracciones intermedias del petróleo. El catalizador objeto de la presente invención está constituido básicamente por metales activos, promotores y aditivos, cuyos elementos pertenecen a los grupos VIA y VII de la tabla periódica. El catalizador posee propiedades específicas y especiales para la conversión de compuestos de azufre en fracciones del petróleo, preferentemente fracciones intermedias. Esta invención es precedida por tres patentes norteamericanas. La patente norteamericana 3287280 se refiere a un catalizador de Ni-Mo soportado en alúmina para favorecer reacciones de hidrodesulfuración e hidrogenación, el catalizador es preparado a partir de sales metálicas de Ni y Mo y ácido fosfórico para preparar soluciones estables y ser incorporados al catalizador en una sola

etapa de impregnación, confiriéndole al catalizador final una mayor actividad y resistencia mecánica. Las patentes norteamericanas 3755148 y 3755196 protegen métodos de preparación de catalizadores de hidrotartratamiento de fracciones del petróleo.

6. La sexta invención se refiere a un procedimiento para preparar una composición para la síntesis de hidrocarburos y compuestos oxigenados constituida por óxidos metálicos impregnados con soluciones de metales alcalinos. La preparación comprende las siguientes etapas: preparar un gel, impregnación del gel con una solución acuosa que contenga una sal alcalina, secar el sólido resultante y calcinar el catalizador obtenido. Esta invención es precedida por una patente inglesa y una norteamericana. La patente inglesa 2158730 protege la preparación de un catalizador de óxido de aluminio, cobalto, cobre y zinc usado para la reacción con óxido de carbono e hidrógeno, para la obtención de alcoholes. La patente norteamericana No. 5109027 reclama un proceso de gas de síntesis, utilizando un catalizador de óxido de zinc, seleccionado del grupo de compuestos de ZnO y $ZnCO_3$.
7. La séptima invención se relaciona con un procedimiento novedoso para preparar con altos rendimientos y pureza un aluminosilicato cristalino microporoso de tipo zeolítico, clasificado de acuerdo a su estructura cristalográfica determinada por difracción de rayos X como zeolita tipo P, preparación que se efectúa empleando como materia prima el residuo de combustión de carbón mineral utilizado como combustible en plantas termoeléctricas, material constituido esencialmente por óxidos de aluminio y silicio. Esta invención es precedida por dos patentes norteamericanas. La patente norteamericana 4442222 ampara un procedimiento de síntesis de una zeolita NaHP a partir de silicato de sodio, aluminato de sodio y ácido clorhídrico sometiendo el gel resultante a presiones de hasta 50000psig a $93.3^{\circ}C$ y periodos de añejamiento de 20 hrs. La patente norteamericana 2413134 reivindica la síntesis de la zeolita P por reacción de cloruro de bario con geles de aluminio y silicio de bario o de potasio o a partir de ciertas zeolitas como la analetita o la zeolita Y, bajo condiciones de temperatura de no menos de $100^{\circ}C$ hasta $400^{\circ}C$ y tiempos de reacción de varios días.
8. La octava invención menciona un procedimiento para preparar una composición para la obtención de alcoholes e hidrocarburos constituida por óxidos metálicos promovidos con metales alcalinos.

Por medio de esta técnica se obtienen catalizadores formados por óxidos metálicos del grupo IB, IIB, VIB y VIII de la tabla periódica, impregnados por un componente del grupo IA de la misma tabla periódica. Le anteceden dos patentes norteamericanas. La patente norteamericana 4980326 protege la preparación de un catalizador de óxidos de silicio y aluminio promovido con paladio o platino usado para la síntesis de hidrocarburos a partir de monóxido de carbono. La patente norteamericana 5071813 protege la preparación de un catalizador constituido por elementos de hierro, cobalto, níquel y sus diferentes combinaciones para operara en la reacción con óxido de carbono e hidrógeno para obtener hidrocarburos y alcoholes.

Después de haber analizado las 37 patentes y sus respectivos antecedentes es importante señalar que un factor determinante en el desarrollo de actividad inventiva de tecnología de catalizadores son las propiedades físicas y químicas del petróleo mexicano,³ éstas condicionan la dirección de la mejora incremental de procesos catalíticos. Estas características fisico-químicas del petróleo, observada en México, no son muy comunes en otras partes del mundo. Por lo tanto el contar con un grupo de I&D en materia de catalisis, especializados en adaptar tecnologías de proceso a las condiciones del petróleo Mexicano, es fundamental. Por lo tanto la trayectoria tecnológica de catalizadores en el IMP siga una dirección propia, de acuerdo a las necesidades y condiciones del petróleo crudo en nuestro país.

³ "México posee grandes reservas de hidrocarburos, sin embargo, gran parte de ellas - aproximadamente el 50% - son del aceite de tipo maya que tiene un alto contenido de contaminantes tales como Azufre, Nitrógeno, Vanadio y Níquel... Los países consumidores de energía y procesadores de petróleo tienen preferencia por los crudos ligeros con un nivel mucho menor de contaminantes, sin embargo, para los países que producen y procesan su petróleo (México) es vital contar con una tecnología de refinamiento de crudos que permita extraer el mayor valor agregado a cada barril de petróleo procesado. En México, el problema de abasto energético, de producción de petroquímicos y de contaminación ambiental está íntimamente relacionado con el tratamiento eficiente de nuestros crudos; el alto nivel de asfaltenos de Azufre y Nitrógeno en el crudo Maya impone el requerimiento para su limpieza de procesos de hidrotretamiento con catalizadores más activos, resistentes al envenenamiento y multifuncionales (hidrosulfuración, hidrogenación, hidrodensificación, etc.)". Comentarios del Dr. José M. Domínguez (Área de Catalizadores - IMP), en entrevista realizada en Marzo de 1997.

III.4 Fuerzas que operan en la dirección del desarrollo tecnológico

Son seis fuerzas direccionadoras (ver Capítulo I, Sección 1.6) que se han identificado en el presente trabajo. éstas son: 1) Historia Tecnológica del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), 2) Área de Expertise, 3) Interés Económico de las Organización Involucrada en la I&D en las áreas tecnológicas correspondientes del IMP, 4) la Viabilidad, la Comercialidad y la Rentabilidad, 5) Variables Institucionales: Agencias Públicas y 6) Mercados que operan en el ambiente selectivo. Expondremos a continuación en que consisten cada una de éstas fuerzas.

1. Historia Tecnológica del IMP.

La investigación de la catálisis en México se inició prácticamente con la creación del IMP, razón por la cual es necesario considerar los objetivos y el contexto en el que esta empresa pública surgió.

La fundación del IMP tuvo su origen en el grado de dependencia tecnológica extranjera, que en materia petrolera era aún considerable en esa época. Esta dependencia no concordaba con los principios con los cuales se realizó la expropiación petrolera y con la conformación del IMP. En 1965 se crea el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) como un organismo descentralizado, de interés público, con carácter preponderantemente técnico, con personalidad jurídica y patrimonio propios; su objetivo era proporcionar a Petróleos Mexicanos (PEMEX) el apoyo tecnológico necesario para contribuir en el suministro de los hidrocarburos y sus derivados requeridos para el desarrollo y expansión de la infraestructura industrial del país.

Las experiencias adquiridas por el IMP a los largo de mas de 30 años de apoyo a PEMEX respecto a sus objetivos de investigación, innovación y desarrollo han contribuido al incremento en los niveles de competitividad y rentabilidad de Petróleos Mexicanos; tal es el caso de la tecnología de catalizadores.

2. Área de Expertise del IMP

El surgimiento del IMP propició la participación de profesionistas destacados de PEMEX y de

un conjunto de investigadores del sector académico con vasta experiencia en el desarrollo de proyectos de investigación científica que contaban con amplio conocimiento de la industria petrolera. De esta manera se formaron grupos de multidisciplinares (entre geólogos, geofísicos, físicos, químicos, electrónicos e ingenieros petroleros y químicos) que en colaboración con conocedores de los problemas centrales de las industrias petrolera, petroquímica y química, comenzaron a definir las áreas en las cuales era conveniente desarrollar esfuerzos para apoyar las actividades de la industria. Con el trabajo de estos grupos se abrió, en México, la investigación y el desarrollo tecnológico en campos y temas hasta antes no explorados. También se inició la aplicación de los enfoques y herramientas de la ciencia hacia problemas de interés industrial -tales como el uso de la química teórica y la física molecular- para entender los procesos catalíticos a nivel molecular; se introdujeron técnicas modernas para la caracterización y análisis de materiales (como las espectroscopias y la microscopía electrónica para el análisis de las superficies de sólidos); y comenzó a trabajarse en la simulación teórica y la determinación experimental de las propiedades termodinámicas de las sustancias líquidas y gaseosas. Paralelamente, se desarrollaron los grupos de ingeniería de proyecto como una componente fundamental en el desarrollo y aplicación de las tecnologías en estudio.

El IMP, a través de la Subdirección de Transformación Industrial, ICA¹ e IBP² desde su nacimiento se han abocado al desarrollo de catalizadores y materia primas indispensables en aquellos procesos que permiten acelerar y orientar las reacciones químicas deseables a nivel industrial, las cuales son aplicables a los procesos de refinación y petroquímica; entre éstos encuentran las áreas de Hidrodesulfuración, Reformación, Hidrogenación, Endulzamiento, Hidrodesparafinado de aceites lubricantes, Transformación selectiva, Secado de gases y Recuperación de Azufre. También ha sido importante el desarrollo de procesos de síntesis químicas en la obtención del Tetramero de propileno, el Ciclohexano, el Acilnitrilo, el Estireno, el Divinilbenceno, el Cumeno, el Metanol y el Amoniaco.

3. Interés Económico de las Organización Involucrada en la I&D en las áreas tecnológicas correspondientes del IMP.

Con las actuales regulaciones ambientales y exigencias en márgenes de rentabilidad, el enfoque

¹ICA = Investigación Científica y Aplicada

²IBP = Investigación Básica del Proceso

en refinación ha cambiado y se ha encausado a la optimización y mayor escrutinio en la operación de refinarias en términos de ofrecer combustibles limpios y satisfacción de demandas crecientes, cuestión que se está dando en medio de una incrementada competitividad al interior de los respectivos mercados regionales (por ejemplo, México y Estados Unidos).

1. Viabilidad, Comerciability, Rentabilidad.

Algunos tópicos que nos permiten darnos una idea de la viabilidad, comercialización y rentabilidad de catalizadores.

- Pemex exporta alrededor de 1.5 Millones de BPD de crudo.
- La nafta de FCC (Fluid Catalitic Cracking) es valorada sobre su contribución al pool de mezcla de gasolinas. El rango del valor del octano, típicamente está entre 0.25-0.50 \$USD/barril, dependiendo de la configuración del proceso y del mercado. El típico margen neto al que contribuye una unidad FCC está usualmente entre 4 y 6 \$USD/barril de alimentación cruda a la unidad, dependiendo de la complejidad de la configuración, costo de stock de carga y calidad y beneficios del producto.
- El costo del catalizador es de alrededor de 0.10 a 0.50 Dlls./Barril procesado. El costo del catalizador depende de la garantía de funcionamiento, su actividad, selectividad a productos de interés y estabilidad.
- Las seis refinarias en México procesan alrededor de 1.5 millones de barriles por día de crudo (Peso Especifico Promedio 29.4 API). La capacidad de procesamiento, produce alrededor de 0.5 millones de barriles diarios de gasolina.
- En la actualidad, las regulaciones mexicanas en medio ambiente, han requerido el uso de gasolinas reformuladas (RFG) en la ciudad de México, y para el año 2000 tal regulación, requerirá de RFG para las ciudades de Guadalajara y Monterrey.

5 Variables Institucionales.

Las variables institucional que opera en el desarrollo de la actividad innovadora de catalizadores

están siendo determinadas al menos por cinco importantes factores: 1) Personal más calificado; 2) Certificación; 3) Asociación con Universidades; 4) Joint Venture y 5) por las cada mas estrictas regulaciones y normatividades que exigen mayor nivel en la calidad del medio ambiente (La tendencia en los actuales proyectos de I&D son enfocados a tecnologías alternativas en combustibles y al desarrollo de convertidores catalíticos: tal como se observa en las patentes en trámite que se presentan en el último periodo que comprende el Gráfica III.A)

6. Mercados que operan en el ambiente selectivo.

Actualmente Pemex es la empresa más grande de México y una de las diez más grandes del mundo, tanto en términos de activos como de ingresos. Tomando como base el nivel de reservas y su capacidad de extracción y refinación se encuentra entre las cinco compañías petroleras más importantes a nivel mundial. Las actividades de Pemex abarcan la exploración y explotación de hidrocarburos, así como, la producción, almacenamiento, distribución y comercialización de productos petrolíferos y petroquímicos. En virtud de que de conformidad con la legislación mexicana⁶ estas actividades corresponden en exclusiva al Estado.

Pemex opera por conducto de cuatro empresas subsidiarias:

1. Pemex - Exploración y Producción. Esta empresa tiene a su cargo la exploración y explotación del petróleo y el gas natural.

*LEY REGLAMENTARIA DEL ARTICULO 27 CONSTITUCIONAL EN EL RAMO DEL PETRÓLEO.

Artículo 1º.- Corresponde a la Nación el dominio directo, inalienable e imprescriptible de todos los carburos de hidrógeno que se encuentren en el territorio nacional (incluida la plataforma continental), en mantos o yacimientos, cualquiera que sea su estado físico, incluyendo los estratos intermedios, y que componen el aceite mineral crudo, lo acompañan o se derivan de él.

Artículo 2º.- Sólo la Nación podrá llevar a cabo las distintas explotaciones de los hidrocarburos, que constituyen la industria petrolera en los términos del artículo siguiente. En esta Ley se comprende con la palabra petróleo a todos los hidrocarburos naturales a que se refiere el artículo 1º.

Artículo 3º.- La industria petrolera abarca:

I) La exploración, la explotación, la refinación, el transporte, el almacenamiento, la distribución y las ventas de primera mano del petróleo y los productos que se obtengan de su refinación;

II) La exploración, la explotación, la elaboración y las ventas de primera mano del gas, así como el transporte y el almacenamiento indispensables y necesarios para interconectar su explotación y elaboración;

III) La elaboración, el transporte, el almacenamiento, la distribución y las ventas de primera mano de aquellos derivados del petróleo y del gas que sean susceptibles de servir como materias primas industrializadas básicas y que constituyen petroquímicos básicos. En la continuación se enumeran: 1.Etano, 2.Propano, 3.Butano, 4.Pentano, 5.Hexano, 6.Heptano, 7.Materia Prima para acero de Suro, 8.Naftas y 9.Metano, cuando provenga de carburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en el territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos (Reformado el 13.XI.96).

2. Pemex - Refinación produce, distribuye y comercializa combustibles y demás productos petrolíferos.
3. Pemex - Gas y Petroquímica Básica procesa el gas natural y los líquidos del gas natural, distribuye y comercializa gas natural y gas LP; y produce y comercializa productos petroquímicos básicos.
4. Pemex - Petroquímica elabora, distribuye y comercializa una amplia gama de productos petroquímicos secundarios.

En 1995, Pemex produjo 2.62 millones de barriles diarios de petróleo crudo, 3.76 miles de millones de pies cúbicos diarios de gas natural y 448 mil barriles diarios de condensados en promedio. Asimismo, produjo 1.53 millones de barriles diarios de productos petrolíferos y 13.45 millones de toneladas de productos petroquímicos; cerca de la mitad de la producción de petróleo crudo se destinó a la exportación.

El IMP es una Institución de apoyo para Pemex en materia de I&D mientras que Pemex opera como monopolio del estado, en virtud que de conformidad con la legislación mexicana estas actividades corresponden en exclusiva al Estado.

En el presente apartado se ha analizado en parte, la representación de las formas específicas del conocimientos en que se basa la tecnología de catalizadores, a partir del análisis de patentamiento en México, y limitándonos a aquellas invenciones de mexicanos. A la par y de manera interrelacionada se ha conformado la trayectoria tecnológica de catalizadores (solo ex-post a la investigación en torno a las patentes).

III. 4 Análisis del entorno de la industria mundial de refinación:

Actualmente se consideran cuatro importantes factores técnicos, en los procesos catalíticos, que determinan nuevas direcciones de la Investigación y Desarrollo o el Paradigma tecnológico presente en la Industria Petrolera, estos son: i) Mayor disponibilidad de crudos pesados (la menor disponibilidad de crudos ligeros es que obliga a procesar crudos mas pesados) y mayor demanda de productos ligeros en relación a pesados. La Tasa de crecimiento anual de productos ligeros oscilará entre el 1.7% y +/- 0.2% para el periodo que comprende 1997-2010; ii) La brecha entre la demanda de combustibles

ligeros y el combustible pesado requerirá de nueva capacidad de conversión, de mejora y de reconfiguración de refinarias para aprovechamiento de residuales y iii) Una Estricta normatividad ambiental que incide en la demanda de productos de mayor calidad ecológica y el mejoramiento del propio entorno ecológico de las instalaciones, cuya base es el desarrollo sustentable (ver Gráfica III.C).

Gráfica III.C "Tendencias en Normatividad Ambiental"

Tendencias de Normatividad	
➤	Reducción de hidrocarburos no quemados.
➤	Reducción de emisiones de CO.
➤	Reducción de emisiones de NOx
➤	Reducción de emisiones de Óxidos de Azufre.
➤	Reducción de emisiones de partículas.
➤	Reducción de sólidos disueltos.
➤	Reducción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).
➤	Reducción de demanda química de oxígeno (DQO).
➤	Legislación de contaminantes.
➤	regulación de disposición de sólidos residuales.

Tendencias en IyD de Procesos/Catalizadores en Hidrocarburos en el IMP.

El actual entorno y los factores que afectan la dirección del cambio técnico en la industria de la refinación, nos permite considerar que las tendencias y la velocidad de actividad innovadora en procesos catalíticos en el IMP están condicionados por el grado de acumulabilidad y apropiación manifestados en la generación propia de los desarrollos tecnológicos implementados en los procesos catalíticos; aspecto que muestra la creación de capacidades tecnológicas propias.

Las tendencias actuales en IyD tecnológico sobre Procesos de Refinación en el IMP son: 1) Tratamiento de cargas craqueadas, 2) Tratamiento de carga a procesos de Desintegración Catalítica Fluida (FCC), 3) En desulfuración profunda en Diesel, desarrollo de catalizadores más activos y con menor afectación por la presencia de H₂S y combinaciones para reducir azufre y aromático/esquemas para manejar la exotermicidad de la saturación de olefinas y purificar el hidrógeno de recirculación, 4) Reducción de aromáticos en Diesel, 5) Desarrollo de catalizadores multifuncionales que optimen las reacciones de reducción de azufre, nitrógeno y aromáticos, 6) Materiales Zeolíticos en el desarrollo de catalizadores, para reducir la severidad de la reacción, 7) Desarrollo de catalizadores para la reducción

de azufre en gasolina FCC, 8) Desarrollo de sistemas catalíticos para la desulfuración-recuperación de octano de gasolina FCC con hidrocraqueo reducido, 9) Nuevos disolventes para endulzamiento, 10) Tratamiento con disoluciones amoniacales y 11) Uso de promotores de contacto en la interfase para tratamiento cáustico.

Conclusiones.

El análisis de la evolución de las patentes ha constituido un medio que ha hecho posible describir, entender los problemas, las soluciones, los intercambios, las redes internas y externas de investigación y desarrollo, y las complementariedades tecnológicas que se generan en torno a procesos químicos de la industria de refinación del petróleo, específicamente en torno a los catalizadores, y que ha sido representado en la gráfica que representa la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores. Este análisis que nos permite sostener el Instituto Mexicano del Petróleo constituye la principal organización de Investigación y Desarrollo de los Procesos Catalíticos en México.

Este liderazgo, hasta antes de los ochenta estuvo basado y condicionado en la asimilación y apropiación de las tecnologías externas, pero en la actualidad es cada vez más el resultado de capacidades tecnológicas propias que el área de catalizadores del IMP ha desarrollado a través de la acumulación de conocimientos y experiencias

Algunas de las consideraciones que se pueden hacer respecto a este capítulo son las siguientes:

- La trayectoria tecnológica de los catalizadores diseñada para el período analizado, 1981-1995, muestra las invenciones de catalizadores-IMP, a través del análisis de patentes, son el resultado de procesos de selección y acumulación de conocimientos técnico-científicos y de la pericia que los recursos humanos empleados por el IMP logró apropiarse y explotar. La continuidad y discontinuidad que se observa en la evolución del patentamiento refleja este proceso selectivo, el cual está asociado, entre otros factores, a la rentabilidad, las necesidades del mercado, las redes tecnológicas, el área de expertise del IMP, a las características y posibilidades de licenciar las patentes extranjeras registradas en México.
- Uno de los factores clave de éxito en el desarrollo de capacidades tecnológicas de catalizadores IMP es la estrategia organizacional que prevalece actualmente en Investigación y Desarrollo (analizada en el capítulo II), que consiste en la desespecialización de profesionales; es decir, no en profesionistas únicos con conocimientos parciales, sino en expertos o especialistas-investigadores multifuncionales y polivalentes. Esto se ha logrado a través de la capacitación que consiste en la rotación del personal en cada uno de los departamentos que conforman el área de catalizadores en el IMP.

- La apropiación y acumulación de conocimientos se ha sustentado también, aunque de manera informal, en la conformación de redes de investigadores (esto es, grupos de expertos, profesionales y académicos que se comunican entre sí -incluyendo "socios tecnológicos"-), ya que buena parte de información relevante circula a través de estos, y a través de la cual se difunde el conocimiento y los avances en Investigación y Desarrollo, y el estado del arte de catalizadores.
- Es cierto que las patentes son instrumento restringido para evaluar el nivel de actividad innovativa de un sector industrial determinado. Sin embargo, las patentes pueden ser mejor explotadas como elementos de novedad cuando: a) son contextualizadas en un ámbito histórico-institucional y organizacional, en este caso el IMP; b) se describe el tipo de proyectos encausados por el área de investigación y desarrollo y la forma como se difunde el conocimiento y el aprendizaje tecnológico; y c) se analizan las redes o complementariedades tecnológicas que esta organización tiene con sus sociotecnológicos.

SINTESIS DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS 37 PATENTES REGISTRADAS POR EL IMP DURANTE 1981-1995

AÑO	NÚMERO DE PATENTE DE CATALIZADORES IMP REFERENCIADAS	NÚMERO DE PATENTES QUE LE ANTECEDEN (según su nacionalidad)	INVENCION
1981	1	1 de E.U. 2 de U.K. 1 de Canadá	Epoxidación de propileno
	2	8 de E.U.	Oxidación de terracero de propileno
1982	1	2 de E.U.	Preparación de zeolitas estereoespecíficas
	2	1 de E.U.	Catalización de hidrogenación de benceno
	3	3 de E.U. 1 de U.K.	Preparación de alumina como soporte de catalizador
	4	1 de Francia 1 Rusia 3 de E.U.	Preparación de un catalizador de platino molibdeno
1986	1	3 de México	Preparación selectiva de hidrocarburos
	2	3 de Europa 2 de E.U. 1 de México	Estabilización a temperatura de escape de aceites lubricantes
	3	2 de Europa 1 de E.U.	Preparación de zeolitas estereoespecíficas
	4	3 de E.U. 5 de Europa 1 de México	Preparación de zeolitas estereoespecíficas
	5	5 de E.U.	Para la hidrogenación de intermedios
1987			

		1	3 de México	Preparación de zeolitas estereoselectivas
		2	2 de U.K. 3 de E.U.	Para la producción de acetona
		3	3 de E.U.	Deshidrogenación de comp. aromáticos
1989				
		1	4 de E.U. 2 de Francia	Para la obtención de gasolinas de alto número de octano y aromáticas
		2	2 de México	Para la conversión de hidrocarburos
1991				
		1	1 de E.U. 1 de U.K. 1 de México	Para la obtención de aromáticos sintéticos
1992				
		1	2 de México	Preparación de zeolitas estereoselectivas
		2	2 de E.U. 1 de Francia	Obtención de silicoaluminatos
		3	1 de Francia 1 de México	Obtención de materiales silico-aluminatos
		4	3 de E.U.	Adquisición de hidroperóxido de terbutilo
1993				
		1	3 de E.U.	Reducción de comp. en monóxido de carbono
		2	10 de E.U.	Deshidrogenación oxidativa de hidrocarburos
		3	4 de E.U. 1 de Francia	Convertidores catalíticos
		4	2 de Alemania 2 de E.U.	Regeneración de catalizadores gastados de procesos de amoxidación de olefinas

SINTESIS DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS 37 PATENTES REGISTRADAS POR EL IMP DURANTE 1981-1995 (Continuación)

ANO	NUMERO DE PATENTE	NUMERO DE PATENTES POR SU ORIGEN (según su nacionalidad)	PROCESO DE CATALIZACION ORIGINADO
1994			
	1	1 de E.U.	Preparación de tratamiento de etano
	2	1 de Europa 1 de México	Obtención de espículas bimetalicas
	3	1 de México 1 de Europa	Obtención de espículas bimetalicas
	4	1 de Europa 2 de México	Adquisición de aluminosilicatos
1995			
	1	3 de México	Obtención de catalizadores a base de aluminas
	2	6 de E.U. 6 de México	Catalizador promotor de comp. de gasolinas
	3	1 de México	Para deshidrogenación de hidrocarburos
	4	5 de E.U.	Para hidrosulfuración e hidrodesulfuración
	5	3 de E.U.	Para hidrosulfuración de fracciones del petróleo
	6	1 de E.U. 1 de U.K.	Forma de hidrocarburos y compuestos oxigenados
	7	2 de E.U.	Preparación de un aluminosilicato catalítico
	8	2 de E.U.	Obtención de aluminas e hidrocarburos

Algunas de las conclusiones que se pueden obtener a partir del cuadro anterior son las siguientes:

a) Hasta antes de 1986 las patentes registradas por el Instituto Mexicano del Petroleo, en relación a los procesos catalíticos, tuvieron como base o antecedente principal patentes extranjeras. El hecho anterior resulta significativo en la medida que expresa el grado de dependencia y los límites (respecto a conocimientos técnicos y científicos, know-how, experiencia, recursos financieros, etc.) que en sus inicios tuvieron los procesos de catalisis desarrollados por el IMP.

Apartir de 1986, el IMP pudo desarrollar y patentar procesos catalíticos mediante dos vías: i) licenciando algunas patentes extranjeras y ii) apartir de los procedimientos químicos que su área de investigación y desarrollo o sus sociotecnológicos lograron mejorar o perfeccionar. El segundo camino (ii) expresa la capacidad que tuvo esta institución para asimilar, apropiar y difundir en su interior la experiencia y los conocimientos necesarios asociados al área de catalisis.

b) Los procesos catalíticos que el IMP ha definido prioritarios (vease anexo "A"), se encuentran ligados primordialmente a la refinación de crudos y a la petroquímica y actualmente a convertidores catalíticos. Esta orientación esta asociada a la dotación y explotación de recursos naturales con que cuenta el país (abundancia del petroleo) y a la necesidad de transformar y obtener gasolinas y combustibles que se han competitivos internacionalmente y que contengan un alto valor agregado. Por ello, las mejoras en los procesos catalíticos estan encaminados a cumplir ciertas especificaciones; la intención es obtener procesos catalíticos que permitan producir combustibles con el mínimo posible de contaminantes que afecten el medio ambiente.

c) Las patentes extranjeras a las cuales el IMP recurre para el desarrollo de catalizadores son prioritariamente europeos y estadounidenses, sin embargo, en el cuadro se observa que el principal proceso de retroalimentación y de apoyo catalítico se adquiere a través de las nuestro socio-comercial más importante: los Estados Unidos.

Si consideramos que el total de citaciones que referencian las 37 patentes seleccionadas y presentadas en la Gráfica III.A son 148 y de este total solo el 20% corresponden a citas de patentes mexicanas, se comprueba la hipótesis de este trabajo: *la Investigación y el Desarrollo aplicado de Catalizadores-IMP se ha basado en la asimilación y apropiación de tecnologías externas, pero en la*

modernidad es cada vez más el resultado de capacidades tecnológicas propias que el IMP ha desarrollado a través de la acumulación de conocimientos científicos y experiencia.

Así el patentamiento de los catalizadores se muestra como un proceso evolutivo en la medida que es posible identificar los orígenes y la forma de como se han desarrollado durante el lapso analizado; evolución en la que además se refleja las interacciones e interconexiones existentes en el surgimiento de las invenciones químicas estudiadas. De lo anterior G. Basalla (1991) afirma lo siguiente:

“hay una continuidad entre las tecnologías, que cada tipo de cosa no es única, sino que ésta relacionada con lo que se ha hecho antes. La variedad de conocimientos ha inspirado nuestra búsqueda de explicaciones evolutivas, y la continuidad es el primer requisito previo para explicaciones de este tipo. No puede existir una teoría de la evolución sin conexiones demostradas entre unidades básicas que constituyen su universo de discurso”.

Capítulo IV

Conclusiones

Entre lo más importante de la investigación destaca lo siguiente:

1. Se ha analizado las principales características y propiedades de este patrón, o sendero tecnológico, comprobando su importancia conforme se ha profundizado en la investigación, de la cual podemos afirmar que a pesar de los inconvenientes que plantean algunos autores respecto a las patentes como indicadores del cambio tecnológico, para este caso de estudio ha sido un excelente medio.
2. Podemos inferir que al Cambio Técnico a través de Patentes por inventores Mexicanos, es en gran medida una actividad acumulativa, favorecida por el tipo de organización institucional, en cuyo ambiente participan generalmente más de dos "Inventores".
3. El estudio y análisis de las principales innovaciones patentadas por mexicanos sobre la tecnología de catalizadores aplicados en la industria petroquímica, nos permiten ubicar lo que Dosi G. et. al. (1993) considera *trayectoria tecnológica*. Además de ubicar una amplia red de participación entre grupos de Investigación y Desarrollo del IMP que actualmente mantienen un considerable desarrollo competitivo en este importante campo tecnológico.
4. Los resultados obtenidos que se presentan en el anexo B, muestran (exclusivamente para el campo de la química) que la gran mayoría de patentes otorgadas a titulares mexicanos, corresponden a Instituciones Nacionales (IMP y CINVESTAV). De un total de 454 patentes registradas por inventores mexicanos en los ocho campos técnicos de la química en estudio, 222 patentes corresponden al IMP, 10 patentes al Centro de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) y 6 patentes a CBLANES MEXICANA, los más relevantes. Estos resultados cobran especial relevancia si consideramos que una gran parte de las invenciones registradas durante 1982 - 1992 (en los 8 campos), tienden a concentrarse principalmente en el *Desarrollo y Diseño de Nuevos Procesos*. Más aún el Campo 4: *Procesos Químicos* registra el mayor índice de patentamiento con un total de 138 patentes, y por tanto considerado como una de los más dinámicos.

5. Una gran parte del patentamiento registrado durante 1980 - 1992, en el campo tecnológico de la química, tienden a concentrarse principalmente en nuevos Procesos y mejoras al Proceso. Gran parte de las invenciones registradas durante 1982 - 1992 (en los 8 campos), tienden a concentrarse principalmente en el Desarrollo y Diseño de Nuevos Procesos. Más aún el Campo 4: *Procesos Químicos* registra el mayor índice de patentamiento con un total de 138 patentes, y por tanto considerado como una de los más dinámicos.

Trayectoria Tecnológica de Catalizadores IMP.

El total de citas que referencian las 37 patentes seleccionadas y presentadas en la Gráfica III.A que representa la Trayectoria Tecnológica de Catalizadores-IMP son 148, de este total 30 son europeas, 88 son estadounidenses, y 30 son mexicanas. Por lo tanto solo el 20% corresponden a citas de patentes mexicanas. Esto comprueba la hipótesis del presente trabajo: *la Investigación y el Desarrollo aplicado de Catalizadores-IMP se ha basado en la asimilación y apropiación de tecnologías externas, pero en la actualidad es cada vez más el resultado de capacidades tecnológicas propias que el IMP ha desarrollado a través de la acumulación de conocimientos científicos y experiencia.* Por consiguiente existe mayor difusión de conocimientos del exterior.

La evidencia y el análisis de la trayectoria tecnológica de catalizadores a través del patentamiento, refleja el desarrollo y la capacidad institucional en esta materia, la cual comprende varias etapas:

Primera etapa: asimilación de tecnología externa, que permitió los fundamentos en los que se basa el comportamiento de los catalizadores disponibles en el mercado, adquiriendo la capacidad de identificar cualitativa y cuantitativamente el efecto que las variables estructurales y de composición química que presentan los catalizadores; además se han interrelacionado estos estudios con el análisis de los procesos en los que participan los catalizadores, para

correlacionar también su comportamiento con las variables operativas, en el diseño u optimización de instalaciones de proceso.

Segunda Etapa: apropiación tecnológica donde el desarrollo propio conlleva a la emulación (imitación, parte central desarrollo de capacidades; este ha consistido en el desarrollo de formulaciones basadas en soportes catalíticos comerciales y con elementos activos tradicionales que, cuando menos, iguale al de los catalizadores en el mercado, buscando ventajas marginales para las condiciones particulares de la industria petroquímica en México. Una tercera etapa y del análisis tecnológico de las patentes se evidencia que se han realizado intentos de innovación en la concepción de las formulaciones incorporando tratamientos a los soportes catalíticos disponibles para ajustar sus propiedades de actividad catalítica, además, indagando sobre especies metálicas opcionales, combinación de metales, cambios composicionales y nuevas técnicas de impregnación o de posición de las especies activas en el soporte catalítico.

Por otra parte la actividad innovadora sobre catalizadores en la industria química ha desempeñado y puede desempeñar un papel crucial en la apertura de nuevas posibilidades de productos y procesos y por lo tanto de avances tecnológicos. Estos avances que se han registrado en el IMP a través del patentamiento, nos han permitido ubicar, identificar y analizar la representación de las formas específicas del conocimiento en que se basa (en particular), la tecnología de catalizadores.

Los actuales modelos de procesos catalíticos de la Industria de Refinación y Petroquímica que progresivamente se modifican y mejoran describen con base en algunas características fundamentales de naturaleza tecnológica y económica, parte del prevaleciente paradigma tecnológico de la industria petrolera.

Anexo A: Catalizadores

Este apartado contiene tres importantes secciones, en donde se presenta el concepto e importancia de los catalizadores, los principales procesos en la industria petrolera y petroquímica en México, en los que intervienen los catalizadores. Además se analizan los documentos de patentes otorgadas a titulares nacionales en el área de catalizadores, del campo de la química en México.

A.1 Introducción a los Catalizadores y su Importancia.

El propósito de esta sección es introducir los antecedentes, definición e importancia del desarrollo tecnológico de Catalizadores.

Antecedentes.

Se tienen referencias documentales de procesos catalíticos en las culturas babilónica, egipcia y china, como los basados en la conversión enzimática de azúcares en la producción de bebidas alcohólicas, y los correspondientes a la elaboración del pan y el queso. Sin embargo, el primer reporte formal de un trabajo sobre catálisis data de 1817, con el descubrimiento de la oxidación sin chispa del gas de carbón sobre platino por Sir Humphry Davy, quien identificó los aspectos de la reacción que más tarde se clasificaría como catalítica. En 1834 Michael Faraday publicó su famoso artículo sobre la reacción entre hidrógeno y oxígeno sobre platino, en el cual identificó y caracterizó la activación, la desactivación, la reactivación y el envenenamiento del platino; presentó estudios de cinética y propuso un mecanismo de reacción. Faraday pensaba que el hidrógeno y el oxígeno se condensaban en la superficie metálica y que la reacción resultaba de la proximidad de los reactivos con el platino.

El término catalizador lo introdujo el químico sueco Jöns Jakob Berzelius en 1835 para identificar aquellos compuestos que promueven reacciones químicas sin ser consumidos en las mismas.

La catálisis industrial se inicia en 1904 con el desarrollo de la síntesis catalítica del amoníaco por el químico alemán Fritz Haber, quien recibió el Premio Nobel de química en 1918 por este

La mayoría de las reacciones químicas no proceden tan simplemente como el poner en contacto los reactivos involucrados. En ocasiones, basta para provocar la reacción con el suministro de energía en forma de calor, agitación, luz ó electricidad; frecuentemente la energía de activación requerida para iniciar el proceso reactivo es de tal magnitud, pues le anteceden otro tipo de reacciones laterales de menor energía de activación conducentes a productos indeseables. El papel de los catalizadores es precisamente el de reducir la necesidad de la energía inicial para activar las reacciones buscadas.

Los catalizadores funcionan modificando la velocidad de reacciones termodinámicamente factibles. Algunas veces incrementan en órdenes de magnitud la velocidad de una reacción de interés, permitiendo así mejorar su productividad y aplicarla industrialmente en condiciones económicamente favorables. En otros casos, modifican selectivamente las velocidades de varias reacciones posibles favoreciendo una reacción de interés y permitiendo mejorar la eficiencia de utilización de los reactivos.

La catálisis se da en sistemas homogéneos y heterogéneos; en la primera, los catalizadores son moléculas de cierto nivel de complejidad que comparten un solvente con los reactivos, o se incorporan directamente a los mismos sin separación de fases. La catálisis heterogénea resulta de reacciones en fase líquida ó gaseosa con catalizadores en estado sólido. Algunos son simplemente sólidos a granel, constituidos por metales elementales ó aleaciones, óxidos ó sulfuros metálicos, generalmente soportados en bases de características particulares y con diferentes formas y tamaños, por ejemplo la γ - alúmina en pastillas, esferas ó extrudado cilíndrico ó trilobular. Otros son resultado de síntesis a nivel molecular que dan lugar a estructuras muy especiales que funcionan como tamices moleculares. Existen también catalizadores basados en películas delgadas, membranas catalíticas y compuestos de intercalación; finalmente están los materiales denominados superácidos, diseñados para promover reacciones de Friedel y Crafts con ventajas competitivas sobre los ácidos convencionales. En términos generales, los catalizadores pueden ser caracterizados por tres propiedades básicas: actividad, selectividad y estabilidad. La actividad se define como la capacidad para lograr la conversión de una carga estándar a condiciones de operación de referencia. La selectividad es el rendimiento del producto ó de los productos de interés a una

cantidades de compuestos con átomos de nitrógeno, o de metales como el hierro, níquel, cromo, vanadio, y cobalto (principales contaminantes del ambiente).

Por lo general, el petróleo tal y como se extrae de los pozos no sirve como energético ya que requiere de altas temperaturas para arder. Para aprovecharlo como energético es necesario separarlo en diferentes fracciones que constituyen los diferentes combustibles como el gasavión, gasolina, turbosina, diesel, gasóleo ligero y gasóleo pesado. Los métodos para llevar a cabo esta separación de las diferentes fracciones del petróleo es a través de calentarlo. A medida que sube la temperatura, los compuestos con menos átomos de carbono en sus moléculas se desprenden fácilmente, después los compuestos líquidos se vaporizan y también se separan, de tal manera que se van obteniendo fracciones antes señaladas. Primero se fraccionan los gases combustibles (tales como el metano, etano, propano y butano a temperatura de 100°C) y la gasolina, a continuación la nafta y la querosina a 175°C, después el gasóleo ligero a 200°C, quedando en el fondo de la columna a temperaturas superiores a los 300°C los gasóleos pesados.

La gasolina es el combustible que tiene mayor demanda, sin embargo, la cantidad de gasolina natural que se obtiene de cada barril es insuficiente. Además las características de esta gasolina no llenan las especificaciones de octanaje necesarias para los motores de los automóviles. Para resolver este problema se han desarrollado una serie de procesos para producir más y mejores gasolinas a partir de otras fracciones del petróleo.

Así tenemos que en la actualidad la gasolina es un producto hecho, es decir, es sintética. Las principales razones son:

- a). Los crudos tienen un máximo de 25-30% de gasolina natural con índices de octano de 40 a 60 los cuales son muy bajos para usarse en los motores modernos de combustión interna: esto se debe a la estructura molecular de los hidrocarburos que la constituyen.
- b). La cantidad de gasolina primaria ó natural contenida en los crudos es insuficiente para satisfacer la gran demanda provocada por millones de vehículos que circulan diariamente.

Procesos para Mejorar Gasolinas.

El actual desarrollo tecnológico de gasolinas, está fundamentado en las ciencias física y química preponderantemente, orientándose en rearmar las moléculas para producir más y mejores gasolinas. ¿Cuáles son los procesos usados en las refinarias? La respuesta a este cuestionamiento permite ubicar la importancia actual en la petroquímica, de los compuestos químicos llamados catalizadores, y sobre los cuales basamos el análisis de nuestra investigación.

Son dos las tecnologías utilizadas: los procesos de desintegración térmica y los procesos de desintegración catalítica.

1) En los primeros procesos se utilizan básicamente temperatura y presión alta para romper las moléculas. Los hidrocarburos que produce se caracterizan por tener dobles ligaduras en sus moléculas, a las cuales se les llama olefinas y son muy reactivas. Cuando tienen de cinco a nueve átomos de carbono y se incorporan a las gasolinas ayudan a subir el índice de octano, sin embargo tiene el inconveniente de ser muy reactivas.

2) Por su parte, los procesos de desintegración catalítica se usan principalmente para producir gasolina y para hacer olefinas ligeras, tales como propileno, etileno, butenos, isobutilenos, isoprenos. Las fracciones del petróleo que sirven como materia prima pueden ser gasolinas pesadas hasta gasóleos pesados, aunque para obtener preferentemente las gasolinas de alto octano usan como carga los gasóleos. En este proceso también se recurre a la temperatura y presión para romper las moléculas, pero son menores que en el primer caso (desintegración térmica), gracias a los catalizadores, que no solo permiten que el proceso trabaje a temperaturas y presiones inferiores, sino que también aumenta la velocidad de reacción. Asimismo actúan como directores haciendo que las moléculas se rompa de cierta manera; los pedazos se unen y forman preferentemente un tipo determinado de hidrocarburo.

Además de la gasolina se produce bastante gas, como el isobutano, y una elevada cantidad de etileno, propileno y butenos, llamados olefinas gaseosas, que forman la materia prima para hacer el proceso más productivo. Como tienen dos y tres átomos de carbono, está claro que para obtener de cinco a nueve carbonos será necesario unir las moléculas.

En las refinerías existen dos tipos de proceso para llevar a cabo este tipo de reacciones. Uno es la polimerización y el otro es el proceso de síntesis. Estos procesos también usan catalizadores para la obtención de gasolinas.

Para mejorar las gasolinas existen dos tipos de proceso: la isomerización y la reformación. Ambos requieren catalizadores.

Resumiendo, la gasolina se hace mezclando gasolina natural con diferentes porcentajes de gasolina proveniente de los procesos de polimerización, alquilación, isomerización, reformación y desintegración.

Hasta aquí únicamente se ha hecho mención de la utilización e importancia muy particular de los catalizadores en los procesos de obtención de gasolinas, sin considerar, que de los productos derivados del petróleo, como ya se mencionó se obtienen un sinnúmero de materias primas y sustancias diversas que participan en procesos y reacciones químicas, generando productos de usos muy variados.

A.2 Desarrollo de Catalizadores en la Industria Petrolera.

El propósito de este apartado es explicar brevemente en que consisten ocho de los principales procesos petroquímicos² que tienen lugar a nivel industrial en México a través de PEMEX, y en los que se encuentran la aplicación de Catalizadores. Estos procesos son los siguientes:

- a) Desintegración Catalítica.
- b) Hidrodesintegración.
- c) Hidrotratamiento de Hidrocarburos.
- d) Reformación de Naftas.
- e) Isomerización de Nafta Ligera.
- f) Alquilación.
- g) Síntesis de Éteres.
- h) Producción de Olefinas.

Los Catalizadores en la Industria Petrolera.

El petróleo está constituido por miles de especies químicas, que entre otras propiedades, se diferencian por su volatilidad. De esta manera, la destilación se convierte en la operación lógica para lograr la separación de los hidrocarburos, no en forma individual, sino en cortes caracterizados por su rango de ebullición. Precisamente las temperaturas inicial y final de destilación, en aparatos normalizados, establece la distinción entre los productos del procesamiento del petróleo: Gasolina, Turbosina, Querosina, Diesel y Combustóleo. Los combustibles deben además cumplir con una serie de especificaciones que aseguren su comportamiento satisfactorio. Originalmente, las especificaciones tuvieron un enfoque eminentemente técnico, como el número de octano de la gasolina, o el de cetano del diesel, o el punto de humo de la querosina, o la viscosidad del combustóleo; actualmente, las consideraciones de protección ambiental han incorporado muchos más requerimientos, limitándose por ejemplo, el contenido de azufre, el benceno, las olefinas, los aromáticos, la

² La petroquímica básica en México, comprende la producción desde los hidrocarburos de partida, hasta los productos básicos. La única empresa en México que maneja la petroquímica básica es PEMEX.

presión de vapor, e inclusive se requiere la presencia de compuestos oxigenados que ocurren naturalmente en el petróleo.

La industria de refinación del petróleo ha tenido una notable evolución desde su inicio, que se remota a la segunda mitad del siglo XIX, pasando de procesos basados exclusivamente en la separación física de los hidrocarburos en cortes poco rectificados, a procesos de transformación química que permiten reconstituir las moléculas de los hidrocarburos que intervienen en la formulación de los combustibles modernos.

La sola destilación del petróleo crudo no permitiría cumplir con las especificaciones que rigen a los combustibles de hoy en día, ni los rendimientos naturales corresponderían a las demandadas por el mercado. De esta manera, se tienen que incorporar procesos de refinación que modifiquen la estructura química de los hidrocarburos presentes en los diversos cortes y permitan hacer los ajustes necesarios.

Durante la primera Guerra Mundial, la demanda de gasolina de alto octano para la fuerza aérea propició el perfeccionamiento del proceso de desintegración térmica de los hidrocarburos pesados, que se había incorporado en 1912 y aparece el primer catalizador en la industria de refinación, el cloruro de aluminio, un ácido de Lewis, justamente para favorecer las reacciones de desintegración. Se inicia la era de la catálisis que había de dominar la evolución de la industria.

Los esquemas modernos de refinación incluyen desde luego, procesos orientados específicamente a la separación física con operaciones de destilación fraccionada y de extracción líquido-líquido, conserva algunos procesos químicos térmicos como la reducción de viscosidad y la coquización, pero la mayoría de las unidades que integran una refinería moderna se basan en procesos químicos catalíticos. Los combustibles de hoy en día están constituidos, en más de 80% por los productos resultantes de transformaciones químicas en procesos catalíticos.

Las reacciones químicas concurrentes en la industria petrolera pueden clasificarse en tres tipos principales: de desintegración, de síntesis y de rearme molecular, constituyendo conjuntos interseccionados, ya que en los procesos industriales intervienen reacciones que comparten las características distintivas de las tres familias antes mencionadas.

A continuación se presenta una descripción de los desarrollos de catalizadores que se han dado en los principales procesos que integran una refinería petrolera:

a). **Desintegración Catalítica.**

El proceso central de una refinería moderna es el de desintegración catalítica de gasóleos. Este proceso tiene como propósito transformar cortes pesados, típicamente gasóleos de la destilación al vacío, que por sus características se integrarían al combustible, en productos más valiosos como la gasolina, olefinas ligeras y aceites cíclico ligero, susceptible de un postprocesamiento para la producción de diesel.

La desintegración de hidrocarburos, además de haber sido el primer proceso catalítico de la industria petrolera puede clasificarse como el más trascendente en términos de su rentabilidad, al permitir la transformación de fracciones pesadas a productos ligeros de mucho mayor valor económico. Su incorporación fue además determinante, al permitir resolver el problema de la desviación entre los rendimientos naturales de los crudos de petróleo y las demandas particulares de los combustibles.

La primer versión del proceso con cloruro de aluminio fue desplazada por el proceso Houdry, con una primera unidad comercial en 1936 utilizando arcillas naturales constituidas por mordenita tratada con soluciones ácidas.

El sistema de transformación química del proceso involucra reacciones térmicas de desintegración y reacciones catalíticas en la superficie del catalizador, donde la función ácida resultó fundamental para promover el rompimiento de enlaces carbono-carbono, isomerización, deshidrogenación, condensación y transferencia de hidrógeno y de grupos alquilo, a través de un mecanismo de iones carbono; involucra también la eliminación de los productos polimerizables por adsorción en el propio catalizador en forma de coque. Esta última etapa fue definitiva para aumentar los rendimientos, al cancelar las dificultades mecánicas por el depósito del coque sobre las superficies de los tubos en los calentadores de los procesos térmicos utilizados anteriormente.

La nueva concepción del proceso y el nuevo catalizador, llevaron el rendimiento de gasolina a cifras del orden del 38%, además de conseguir un mayor octanaje en el producto. Si bien el

mejoras substanciales en actividad y selectividad, con relación a las de los materiales amorfos y con excelente estabilidad.

La aplicación industrial de este catalizador zeolítico se inició en 1962 con un éxito rotundo al alcanzarse un rendimiento de gasolina de 52%. Los nuevos materiales Zeolíticos han permitido además reducir el contenido olefínico de las gasolinas catalíticas, al favorecerse la formación de isoparafinas y compuestos aromáticos por la mayor actividad en las reacciones con transferencia de hidrógeno.

Particularmente, el menor tamaño de poro de la zeolita ZSM-5 (5-6 Amstrongs) permite que solo las parafinas normales o las isoparafinas monometílicas en el rango de las gasolinas accedan por los poros y participen en reacciones de desintegración secundarias, eliminando así los componentes de bajo octano generados por el rompimiento molecular primario de los hidrocarburos pesados. Se mejora la calidad del producto y se alcanzan valores superiores a 92 octanos.

Los catalizadores han mejorado en su selectividad, alcanzándose ya rendimientos de más de 60% en gasolina, y se han complementado con el desarrollo de aditivos catalíticos pasivadores de metales, promotores de la combustión de monóxido de carbono para la remoción del óxido de azufre en la regeneración del coque, reductores de azufre en las gasolinas y promotores de la desintegración de fondos, que ya se encuentran en operación. Se cuenta además con una gran flexibilidad para el diseño específico de los catalizadores en función de las demandas y condiciones de operación de cada unidad de proceso.

b). Hidrodesintegración.

En la misma línea de procesamiento de fondo de barril para transformar cargas pesadas en fracciones ligeras, los procesos de hidrodesintegración presentan una opción complementaria en las operaciones de refinación. En los años 50's se incorporaron estos procesos usando cargas de gasóleos atmosféricos y de vacío, en los 60's se extendieron para el procesamiento de residuales.

La característica funcional de los catalizadores, usados en estos procesos es su naturaleza bifuncional, al incorporar un componente de carácter ácido y otro de acción hidrogenante y/o

de hidrogenólisis. La función hidrogenante se obtiene con la presencia del níquel; la combinación de los metales cobalto-molibdenc promueve la hidrogenólisis, y la función ácida la proporciona el soporte, pudiéndose utilizar alúminas activas de alta acidez o alúminas modificadas con zeolitas de poros grandes.

Los procesos operan en el rango de 340 a 450°C y de 80 a 200 atmósferas; no producen compuestos olefinicos, pues su formación en las reacciones de desintegración se complementan con la hidrogenación de dobles ligaduras para dar productos saturados, con excepción de los aromáticos y poliaromáticos cuya saturación es muy limitada.

La función ácida promueve las reacciones de desintegración e isomerización, mientras que la función hidrogenante es la responsable de la saturación con una mínima participación en la hidrogenólisis.

Las tendencias de desarrollo de los catalizadores y procesos de hidrodeseintegración están relacionadas con su potencial para el tratamiento de crudos pesados o sus residuales. La identificación de nuevos elementos activos y soportes, el desarrollo de nuevas combinaciones catalíticas y de modificadores funcionales, así como una mejor comprensión de los mecanismos actuantes en las reacciones, representan las acciones de investigación más relevantes en estos materiales catalíticos.

c). Hidrotatamiento de Hidrocarburos.

Los procesos de hidrotatamiento juegan un papel muy importante en la industria petrolera, no sólo en el procesamiento de fondo de barril, en su versión de hidrodeseintegración, sino para la eliminación o reducción del contenido de metales, azufre, nitrógeno y olefinas de las fracciones vírgenes y de las provenientes de los procesos de desintegración.

Estos procesos cumplen funciones trascendentes en un esquema de refinación: preparan la carga para las unidades de reformación e isomerización de pentanos y hexanos; cumplen con el propósito genérico de reducción de azufre en los combustibles, incluyendo turbosina, diesel y combustóleo, además de la gasolina; permiten el acondicionamiento de cargas a las unidades FCC y de las olefinas ligeras usadas en los procesos de alquilación y síntesis de éteres.

Los catalizadores de cobalto-molibdeno soportados en alúmina son los más usados, buscando funciones específicas en cada tratamiento. Por ejemplo, en la gasolina los procesos corriente abajo exigen la eliminación de azufre en el orden de fracciones de partes por millón, además de la saturación de las olefinas de las corrientes incorporadas de los procesos térmicos de coquización o reducción de viscosidad, y al mismo tiempo requieren de una gran selectividad para evitar las reacciones de hidrodeseintegración que conducirían a la reducción de los volúmenes de gasolina.

En el diesel se busca desulfuración profunda para alcanzar niveles de menos de 500 partes por millón, así como la saturación de olefinas de las cargas decequizadoras y del aceite cíclico ligero que se toma de las unidades FCC, además de la saturación de aromáticos para cumplir tanto con las especificaciones de número de octano, como con los nuevos límites de compuestos aromáticos impuestos en las nuevas especificaciones.

En la turbosina se tiene que cumplir con menos de 500 ppm de azufre y en el combustóleo con un límite máximo de 10000 ppm⁴, o 1% de azufre.

La reducción de azufre en la gasolina, es muy conveniente para el buen funcionamiento de los convertidores catalíticos, representa un de los presentes retos en el desarrollo de los catalizadores. La gasolina catalítica proviene del proceso FCC, principal componente del "pool" (muestra de varias gasolinas) de gasolina en una refinería moderna, tiene un alto contenido de azufre. Su tratamiento requiere de un catalizador selectivo de hidrodeseintegración que no promueva las reacciones de saturación de las olefinas, o bien de la incorporación de un proceso catalítico complementario con el que se recupere el octano perdido por la saturación olefínica. La primera opción se encuentra en desarrollo con un enfoque de envenenamiento selectivo de un catalizador convencional que inhiba su acción hidrogenante. La segunda opción se tiene disponible con un catalizador a base de zeolita ZSM-5 que permite reacciones de isomerización, alquilación de anillos bencénicos y transalquilación, pero con el inconveniente de una hidrodeseintegración simultánea que reduce el rendimiento de la gasolina.

⁴ ppm = Partes por millón.

d). Reformación de Naftas.

La distribución natural de los distintos tipos de hidrocarburos en el petróleo en el rango de ebullición de las gasolinas varía de crudo a crudo, pero en términos generales las gasolinas obtenidas de la destilación directa se encuentran en el rango de 40 a 50 octanos muy por debajo del valor requerido.

La proporción de parafinas lineales y ramificadas, nafténicos y aromáticos determina este comportamiento, de tal manera que procesos orientados a reformar la estructura molecular de las especies químicas presentes para favorecer las de mayor octanaje, resultan imprescindibles para cumplir con los requerimientos de la industria automotriz, que actualmente demanda un número de octanos en el rango de 80 a 100.

El primer desarrollo en este sentido se dio en 1940, con un proceso que se denominó hidroformado, pues en presencia de hidrógeno y con catalizador de molibdeno soportado en alúmina a condiciones de 475 a 550 °C y de 10 a 20 atmósferas, fue posible promover reacciones de ciclización de parafinas y deshidrogenación de cicloalcanos, con formación de aromáticos, principales responsables del incremento de octano, acompañado de producción de hidrógeno, que se aprovecha en las operaciones de hidrotratamiento descritos anteriormente. El proceso se ha convertido además en el abastecedor natural de la materia prima para la obtención de aromáticos en la industria petroquímica.

En 1949 se empezaron a usar los catalizadores de platino soportado en alúmina activa, en el proceso de platformado que desde entonces se ha generalizado en los procesos genéricamente denominados de reformación, con variantes en la proporción del metal noble entre 0.2 y 0.5 % en peso.

Se usa también un haluro, por ejemplo tricloroetano, que se incorpora al circuito de recirculación de hidrógeno para mantener un ambiente ácido en el soporte catalítico; de esta manera se logra una bifuncionalidad catalítica: El platino promueve las reacciones de hidrogenación y deshidrogenación parafinas-olefinas y cicloalcanos-cicloalquenos-aromáticos, mientras que el efecto ácido permite la des ciclización de parafinas y la desisomerización de alcanos y cicloalcanos.

Las reacciones de hidrodeseintegración también se dan, aunque en menor proporción, y en general no son deseables pues reducen el rendimiento de gasolina. Sin embargo, algunas resultan benéficas, como pudiera ser la desintegración de un hidrocarburo de 10 átomos de carbono para generar uno de 7 y otro de 3, con lo que se logra una mayor formación de tolueno.

La presión parcial de hidrógeno que se mantiene en el sistema catalítico es fundamental para su operación, presentándose un óptimo en el comportamiento. Las presiones parciales reducidas favorecen el equilibrio de la reacción principal de deshidrociclización, pero la ausencia de hidrógeno concentra las especies químicas de alta relación carbono a hidrógeno, precursoras de la coquización, mientras que las presiones parciales elevadas, aunque retardan la formación de coque, promueven la adsorción del hidrógeno reduciendo la disponibilidad de sitios activos para la reacción de los hidrocarburos, además de desplazar en equilibrio en forma negativa.

El punto óptimo de presión se ha movido con los avances en el desarrollo de los catalizadores y los procesos. En 1967 por ejemplo, se introdujo el catalizador bimetalico platino-renio donde el segundo metal actúa como dispersante del platino, impartiendo características inhibitorias de la coquización. Esto permitió un primer paso en el descenso de la presión con beneficios importantes en la calidad del producto, pasando de 80 octanos en los primeros procesos a valores de 90 a 95 octanos.

En 1975 se introdujo el proceso de regeneración continua de catalizador que dio lugar a un notable descenso en la presión con un enfoque diferente: se acepta la coquización acelerada, pero se modifica el diseño en el que se contempla la circulación permanente del catalizador por un reactor de lecho móvil y un sistema en el que, en forma continua, se lleva a cabo el quemado del coque producido y la regeneración del catalizador.

El desarrollo del nuevo catalizador se enfocó a lograr una resistencia mecánica y una estabilidad acorde a las operaciones a las que tiene que ser sometido. Los catalizadores actuales, basados en la combinación de platino-estaño en un soporte de alúmina esférica, han permitido la elaboración de gasolina reformada de más de 100 octanos.

De 1990 a la fecha se han introducido avances adicionales en estos catalizadores, tales como la incorporación de técnicas para la ultradispersión de los metales, que ha permitido disminuir su concentración y abaratar el producto.

e). Isomerización de Natta Ligera.

De la fracción ligera de las naftas, los hidrocarburos con cinco átomos de carbono no son reformables en el sentido antes descrito, y los de 6 átomos son promotores de la formación de benceno en el proceso de reformación, componente actualmente restringido en la gasolina reformulada por sus características cancerígenas. Esto ha conducido a la incorporación del proceso de isomerización de la nafta ligera en la refinerías para aumentar la proporción de los hidrocarburos ramificados de alto octano.

La reacción de isomerización de las parafinas está limitada por las condiciones de equilibrio químico, que se favorece a bajas temperaturas, con lo que el desarrollo de los catalizadores se ha enfocado a lograr una alta actividad para conseguir que las reacciones ocurran a temperaturas reducidas. Los procesos además suelen contemplar la separación y recirculación de las parafinas lineales no convertidas. Los catalizadores que se pueden utilizar para este propósito incorporan un componente de función ácida, incluyendo ácidos de Lewis, como el tricloruro de aluminio ($AlCl_3$), ácidos de Brönsted, como el ácido trifluoroacético (CF_3COOH), materiales superácidos, como el ácido trifluorometansulfónico (CF_3SO_3H), o de intercalación (SbF_5 en grafito), que actúan promoviendo un mecanismo a través de carbocationes, y un componente metálico, fundamentalmente platino, que promueve las reacciones de hidrogenación. La reacción se lleva a cabo en presencia de hidrógeno para inhibir las reacciones de desintegración inherentes a estos catalizadores.

f). Alquilación.

El nombre asignado a las parafinas (del latín *parum* = poco y *finis* = límite), por su poca afinidad con otras sustancias quedó, hasta cierto punto inapropiado, cuando en 1932 Lpatiev encontró que las parafinas reaccionan con las olefinas, en presencia de cloruro de aluminio y de otros catalizadores ácidos. En particular la reacción del isobutano con el propileno,

butilenos y amilenos da como resultado un producto alquilado con temperaturas de ebullición en el rango de las gasolinas, además de contar con un elevado número de octano.

En la Segunda Guerra Mundial el proceso de alquilación se convirtió en una importante fuente de suministro de gasolina de aviación, y desde entonces participa en los esquemas de refinación para la producción de gasolina de alto octano, incrementando su presencia a raíz de las nuevas especificaciones de la gasolina reformulada en la que se limitan aromáticos y olefinas.

Los catalizadores que se han utilizado en la alquilación incluyen los ácidos de Lewis, como el cloruro de aluminio, particularmente para la reacción del isobutano con el etileno que solo procede con un mecanismo asociado a la síntesis de Friedel Crafts, y los ácidos próticos como el sulfúrico y el fluorhídrico, que dominan los procesos comerciales con olefinas en el rango C₃ a C₅. En ambos casos el catalizador se desactiva por su conversión irreversible. El cloruro de aluminio forma un líquido inmiscible café rojizo de mayor densidad que el producto de la reacción y no recirculable, mientras que los ácidos sulfúrico y fluorhídrico solo se reponen parcialmente para compensar su reacción con los hidrocarburos en los que forman los denominados aceites solubles en ácido.

La tendencia actual del desarrollo es hacia la concepción de catalizadores sólidos superácidos, buscando resolver los problemas de riesgo inherente al manejo de los ácidos próticos, de economía por la alta demanda de isobutano a olefinas, y además, en el caso del ácido sulfúrico, por el elevado consumo de energía en la refrigeración necesaria para mantener el sistema a baja temperatura, y de impacto sobre el medio ambiente.

g). Síntesis Éteres.

La disponibilidad de olefinas ligeras del proceso desintegración catalítica fluida (FCC) y la necesidad de corrientes de alto octano complementarias propició la incorporación de la síntesis de éteres por adición de metanol al isobutileno e isoamileno, utilizando un catalizador ácido de intercambio iónico.

El catalizador se utiliza, dependiendo del licenciador del proceso, en reactores de lecho fijo o de lecho expandido en varias etapas con remoción de calor para compensar el carácter

exotérmico de la reacción, y recientemente incorporando una columna de destilación empacada con el catalizador, en la que la doble función de reactor y elemento de contacto líquido-vapor en separación de productos y reactivos, concepto novedoso de destilación catalítica con el que se consiguen mayores conversiones, al permitir que la reacción progrese sin los límites impuestos por el equilibrio químico.

h). Producción de Olefinas.

La creciente demanda de alquilado y de éteres para satisfacer las especificaciones de la gasolina reformulada, y la limitada disponibilidad de materia prima para su elaboración ha promovido el desarrollo de procesos y catalizadores para la obtención de olefinas, particularmente butilenos, por deshidrogenación de los butanos recuperados del gas natural.

Los catalizadores desarrollados se basan en metales nobles ó cromo soportados en alúmina, que han permitido reducir considerablemente las condiciones de temperatura con relación a los primeros procesos térmicos que se usaron en la producción de olefinas. Aunque las reacciones de desintegración compiten con las de deshidrogenación, estos catalizadores han permitido una selectividad aceptable para procesos comerciales que ya se tienen disponibles; en los que por ejemplo, se alcanza una selectividad entre 91 y 93 % en la producción de isobutileno a partir del isobutano, que presenta una tendencia a la formación de propileno y metano por ruptura de una de las uniones entre los carbonos extremos.

A.3 Patentamiento de Catalizadores por el Instituto Mexicano del Petróleo.

Una de las industrias más importantes del país es la industria petroquímica. En cuya actividad ha jugado un importante papel Petróleos Mexicanos (PEMEX) considerando las favorables condiciones de externalidad en el suministro de insumos petroquímicos básicos. Así los requerimientos tecnológicos de PEMEX para la extracción y refinamiento en México han generado constantemente una demanda por diversas tecnologías. Una tecnología particular que nosotros hemos detectado al estudiar el patentamiento de la industria química en México es la demanda por catalizadores. Estos catalizadores se utilizan como productos intermediarios de reacción para diversos procesos petroquímicos que componen el refinamiento de petróleo crudo. En un principio los catalizadores requeridos por PEMEX provenían en su mayor parte, del extranjero. Posteriormente el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) ha generando cierta actividad desde la I&D, hasta la supervisión en la producción de catalizadores exclusivos a las necesidades de los procesos petroquímicos de PEMEX.

Según Aboites, J. y Soria, M. (1996), el análisis del patentamiento ha sido segmentado en ocho sectores⁵ que conforman el campo de la química.

Una gran cantidad de Patentes, en los Sectores de la Química Orgánica, Inorgánica y de Procesos, corresponden a la obtención, preparación y producción de catalizadores, y de sus composiciones. Al enfatizar sobre la evidencia del análisis sobre la segmentación de patentes en los ocho sectores de la Química en México; se observa que impera el patentamiento de nuevos procesos y productos que corresponden a diversos tipos de catalizadores, principalmente heterogéneos. Esto nos lleva a realizar una caracterización más específica, teniendo en cuenta la aplicación de la química de reacción en catalisis a los diversos procesos químicos.

En los resultados por sectores químicos que serán analizados en la sección B.1 y B.2 del Anexo B, se elaboraron una serie de cuadros con información muy resumida. De tales resultados, se precisa la enorme participación en el patentamiento del Instituto Mexicano del Petróleo (a excepción del sector "Químicos Agrícolas" y del sector "Blanqueadores y

⁵ Ver Cuadro 1 del Anexo.

Limpiadores”). Así mismo el mayor grado de patentamiento del IMP se centró en el Sector “Procesos Químicos”, seguido de “Química Orgánica” y de la “Química Inorgánica”, y cuyo número de patentes por “Procesos” fue de 48, 42 y 15 respectivamente.

En México, los cambios drásticos que se realizan en el Sector Energético (refiriéndonos a PEMEX) con el fin de prever carburantes de especificaciones cada vez más estrictas, empleados en procesos petroquímicos, ha generado importantes innovaciones desde el punto de vista de procesos catalíticos, mediante la intervención directa de grupos de Investigación del Instituto Mexicano del Petróleo.

El ahorro energético, las mejoras en la selectividad y eficiencia con el mínimo impacto en el Equilibrio Ecológico, aunado a la necesidad de procesar fracciones más pesadas del petróleo, son las principales variables que en México están determinando la trayectoria tecnológica de catalisis. El Cuadro 1 comprende la Invención-Producto de diversos catalizadores pertenecientes a los sectores de la química Orgánica, Inorgánica y de Procesos. Su función específica se encuentra en los procesos correspondientes a hidrogenación, oxiclación, epoxidación, poligomerización, producción, obtención, etc., que se aplican de manera muy general en la producción de diversos compuestos orgánicos.

Cuadro 1.

CATALIZADORES EMPLEADOS EN LOS PROCESOS (1980-1992)

1. Catalizador para la obtención de Azufre elemental a partir de Gases Ácidos.
2. Catalizador para Obtener Alcohol Furfúrico a partir de Furfural.
3. Catalizador Mono y Bimetálico, para Hidrogenación de Hidrocarburos.
4. Catalizador para Obtener Acetonitrilo.
5. Catalizador para la Oxidación de Hidrocarburos.
6. Catalizador para la Hidrogenación de Furfural.
7. Catalizador para Obtener Azufre elemental, a partir de gases ácidos.
8. Catalizador para la Oxidación de Olefinas, de bajo Peso molecular.
9. Composición Catalítica para Oxidación de Contaminantes de Gases de Escape de Motores a Gasolina.
10. Catalizador para Oxidación de Gases Contaminantes de escape de Motores a Gasolina.
11. Catalizador para Hidrogenar Furfural.
12. Inhibidor de Parafinas en Pozos e Instalaciones Petroleras.
13. Catalizador para la Obtención de Estireno.
14. Catalizador mejorado para la Epoxidación de Propileno.
15. Catalizador mejorado para Poligomerización de Etileno.
16. Catalizador para Polimerización de Olefinas de bajo Peso molecular.
17. Catalizador para Producción de Acetona.
18. Catalizador de Alta Selectividad para Deshidrogenación de Compuestos Alquilaromáticos.
19. Catalizador para Hidrogenación de Hidrocarburos.
20. Catalizador para Oxidación de Olefinas.

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Comúnmente se clasifican las reacciones catalíticas según la relación de fase entre el catalizador y los reactantes iniciales. En catálisis homogénea, el catalizador y los reactantes se hallan en la misma fase (gaseosa, líquida o sólida); en catálisis heterogénea el catalizador y los reactantes pertenecen a fases diferentes, y se considera un tercer grupo: la catálisis microheterogénea, en que el componente activo se halla en estado coloidal. En este último grupo son considerados como componentes activo: - las enzimas y - coloides orgánicos, cuyo estudio pertenece a la Bioquímica.

Del análisis de las patentes de estudio, y considerando las relaciones de fase, se determina de manera general que predomina la catálisis heterogénea. Que la fase del catalizador es el estado sólido que interviene con reactantes en el estado gas o líquido, los cual se aprecia en la simple lectura de cada uno de los ocho cuadros.

Sin embargo esta característica del patentamiento de catalizadores en estado sólido, ha marcado una trayectoria en la que prevalece el estudio de la catálisis heterogénea en México.

A) Patentamiento de catalizadores de origen natural y artificial.

La gran revolución industrial y comercial que hacia 1962 significó la inclusión de materiales zeolíticos como fase activa de catalizadores utilizados en procesos de desintegración de gasóleos en los Estados Unidos, marcó la apertura de una época en el campo de la catálisis heterogénea. A partir de esta fecha los trabajos de investigación fundamental y aplicada, y los proyectos de desarrollo tecnológico relacionados con Zeolitas, comenzaron a multiplicarse.

En el Cuadro 2, se han clasificado las patentes de catalizadores que podemos considerar de origen natural, por ejemplo diversos tipos de Alúminas, tipo especial de mineral cuyas propiedades son ideales como soportes de catalizadores. También se encuentran las Zeolitas⁶ que pueden ser definidas como una familia de minerales, aluminosilicatos cristalinos hidratados de microporosidad homogénea y uniforme, capaces de sufrir deshidratación reversible e intercambio de especies catiónicas.

⁶ Una particularidad de las Zeolitas que tiene que ver con sus propiedades catalíticas es el control específico tan especial que gracias a su estructura microporosa ejerce sobre la adsorción y desorción de reactantes y productos, y eventualmente, al establecimiento de condiciones en la misma transformación química, como consecuencia del arreglo geométrico de la red cristalina y/o al tamaño, muy aproximado al de gran parte de las moléculas de hidrocarburos, de poros y/o cavidades.

Del estudio de las Zeolitas, especialmente la aportación hecha por los estudios relacionados a la síntesis y sus mecanismos, se ha desprendido la obtención y mejoramiento de un gran número de Zeolitas llamadas sintéticas, por ejemplo la Zeolita Faujasitas "X" y "Y", que se aplican a procesos de desintegración catalítica⁷(ver Cuadro 2).

Cuadro 2.

CATALIZADORES DE ORIGEN NATURAL, ARTIFICIAL y SOPORTES (1980-1992)

1. Obtención mejorada de Zeolita A.
2. Preparación de Zeolitas Estereoselectivas.
3. Obtención de Faujasitas "Y" a partir de Arcillas Naturales.
4. Preparación mejorada para obtener la Zeolita tipo A a partir de Arcilla naturales.
5. Preparación de Alúminas soportes de Catalizadores.
6. Preparación de Gamma Alúmina.
7. Preparación de Alúminas Descalcadas.
8. Preparación de Gamma Alúmina.
9. Recuperación de metales y Alúmina en Catalizadores de Hidrodesulfuración.
10. Obtención de Zeolitas Estereoselectivas.
11. Procedimiento para la Preparación de Zeolitas Estereoselectivas.
12. Obtención de Zeolita Faujasita "Y" de alto contenido de Silicio.
13. Procedimiento para la Obtención de Zeolita Faujasita "X".
14. Preparación de Alúminas Soportes de Catalizadores.
15. Obtención de Alúmina a partir de Minerales que contienen Fosfato de Aluminio.
16. Preparación de Gamma Alúmina.
17. Recuperación de Alúmina a Partir de Materiales Aluminosilicosos.

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

En su uso como catalizadores a nivel industrial, es un hecho que se prefieren las Zeolitas de origen sintético sobre las Zeolitas naturales, puesto que estas últimas a pesar de su relativo bajo costo, presentan problemas de impurezas e inhomogeneidades. Sin embargo, el costo con el que se logre obtener una zeolita sintética es desde luego importante. De hecho la utilización de Zeolitas a nivel industrial no fue posible sino hasta el momento en que se lograron síntesis a gran escala y de manera económica.

Con todo, la posibilidad de que una Zeolita en lo particular sea utilizada industrialmente como catalizador, está condicionada y sujeta a varios factores diferentes al puramente económico. No solo se refieren estos factores desde luego, a los relacionados a

⁷ El proceso de desintegración catalítica tiene por objetivo la Producción de Gasolinas a partir de Gasóleos Atmosféricos.

las cualidades esenciales de la actividad catalítica ó de selectividad en la obtención de un producto determinado, sino también de manera importante a la estabilidad química.

La industria de transformación del petróleo se ha consolidado como el campo de aplicación principal de las Zeolitas como catalizadores, por ejemplo la patente " Producción de Zeolitas Estereoselectivas para usarse en la refinación de aceite crudo" (ver Cuadro 7).

La importancia que las Zeolitas guardan en esta industria es extensa, ya que cubre procesos diversos, tanto de refinación como de petroquímica básica. La obtención y procesamiento de gasolinas y combustibles, y la obtención de petroquímicos, son los dos grandes rubros en los que la mayoría de los procesos catalíticos que utilizan Zeolitas podrían ser abarcados. En algunos de ellos, tales como los de desintegración de Gasóleos ó los de isomerización de xilenos, la simple sustitución del catalizador, permitió elevar notablemente su eficiencia y por lo tanto, su rentabilidad. Muchos otros procesos industriales han sido creados y desarrollados a instancias de las Zeolitas, bajo conceptos completamente nuevos, que han venido a resolver problemas específicos.

B). Patentamiento de Catalizadores aplicados a procesos de hidrocarburos

México posee grandes reservas de hidrocarburos, sin embargo, gran parte de ellas (aproximadamente el 50%) son del aceite de tipo Maya que tiene un alto contenido de contaminantes tales como azufre, nitrógeno, vanadio y níquel.

Resulta claro que los países consumidores de energía y procesadores de petróleo tengan preferencia por los crudos ligeros con un nivel mucho menor de contaminantes. Sin embargo, para los países como México que producen y procesan su Petróleo es vital contar con una tecnología de tratamiento de crudos que permita extraer el mayor valor agregado a cada barril de petróleo procesado. Por lo tanto no es conveniente vender crudo sin procesar.

Cuadro 3.**CATALIZADORES EMPLEADOS EN DIVERSOS PROCESOS QUÍMICOS DE HIDROCARBUROS (1980-1992)**

1. Obtención de una Composición Catalítica mejorada para la Reformación de Hidrocarburos.
2. Obtención de un Catalizador Bimetálico mejorado para la Reformación de Hidrocarburos.
3. Obtención mejorada de Catalizador para la Oxidación de Hidrocarburos.
4. Recuperación de Níquel en catalizadores Agotados que se Emplean en la Reformación de Hidrocarburos.
5. Preparación de un Catalizador para Hidrotreamiento de Hidrocarburos.
6. Preparación de un Catalizador para la transformación Selectiva de hidrocarburos.
7. Obtención de un Catalizador mejorado para la Hidrogenación de Hidrocarburos de 5 a 20 átomos de C.
8. Preparación de un Catalizador para la Transformación Selectiva de Hidrocarburos y productos resultantes.
9. Preparación de un catalizador de Hidrogenación de Hidrocarburos Aromáticos en Corrientes de Hexano

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

El alto nivel de asfaltenos de Azufre y nitrógeno en el petróleo maya, impone el requerimiento para su limpieza de procesos de hidrotreamiento con catalizadores más activos, resistentes al envenenamiento y multifuncionales (Hidrodesulfuración, hidrogenación, hidrodemitrógenación, etc.)

El Cuadro 3 muestra una gama de catalizadores empleados en procesos de Hidrodesulfuración, Hidrogenación, Hidrodemitrógenación, indispensables para:

1. Reducir la contaminación ambiental por azufre.
2. Reducir la corrosión.
3. Reducir malos olores.

C). Patentamiento de catalizadores bimetálicos aplicados a procesos orgánicos.

La necesidad de obtener catalizadores con características apropiadas a cada proceso, ha impulsado recientemente estudios de su preparación por métodos no tradicionales.

Los catalizadores metálicos, son los que han dado mejores resultados en química fina y en la industria petroquímica. Se utilizan metales de los grupos VIIA, VIIIA y IB⁸, pero en especial Paladio y Platino.(Cuadro 4)

⁸ Grupos VIIA, VIIIA y IB de la Tabla Periódica de Elementos Químicos.

C). Patentamiento de Catalizadores aplicados al procesamiento de químicos aromáticos.

Cuadro 8:

CATALIZADORES APLICADOS A DIVERSAS REACCIONES QUÍMICAS EN COMPUESTOS AROMÁTICOS.

1. Preparación de un Catalizador para Hidrogenación de .
2. Preparación de un Catalizador de Alta Selectividad, para Deshidrogenación de Compuestos Alquilaromáticos.
3. Preparación de un catalizador para Hidrogenación de hidrocarburos Aromáticos en Corrientes de Hexano normal.

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992).

- a) Desarrollo de Productos.
- b) Desarrollo y Diseño de Procesos

2.- En cada eje de la **Industria Química en México**, se determinaron los ocho² campos de patentamiento.

Segmentación en dos ejes de actividad innovativa de patentamiento de la Química en México.

- 1).- Desarrollo de nuevos productos y mejoras.

La **Investigación Científica** en la Química, el Desarrollo y Perfeccionamiento de las Técnicas Fundamentales en los Laboratorios de **Investigación** desempeñan un papel crucial en la apertura de nuevas posibilidades de grandes avances tecnológicos que pueden ser sumamente importantes para el crecimiento económico futuro.

La **Innovación de Nuevos Productos** en la Química conllevan al desarrollo de una serie de **Productos diversificados** y posteriormente al desarrollo y diseño de nuevos procesos. Esta característica destaca la irreversibilidad en **usos y aplicaciones** de un nuevo conocimiento adquirido plasmado en la utilidad de la Innovación.

Como veremos más adelante³, en el caso del Patentamiento de Inventores Mexicanos, en general, en los ocho Sectores de la Química el 32% se refieren a Producto y 68 % a Procesos, sin embargo de esta proporción de Productos, mas de tres cuartas partes ó bien se refieren a mejoras, a nuevos usos ó a **nuevas** fuentes de isumos para su obtencion.

Esto viene a destacar la **relación con la naturaleza e importancia económica de el contenido** de las patentes.

² Los ocho Sectores Técnicos de la Química son: 1). Química Inorgánica, 2). Química Orgánica, 3). Químicos Agrícolas, 4). Procesos Químicos, 5). Hidrocarburos, Aceites Minerales., 6). Blanqueadores y limpiadores., 7). Drogas y Bioingeniería., 8). Plásticos y Productos de Plásticos.

³ Ver Cuadro I.

Destaca Teitel, S. (1993): “Los grandes adelantos en la medicina por lo general producen mayores rendimientos que los cambios menores en la Manufactura, pero también pueden ocurrir con menos frecuencia y pueden originar un menor número de patentes. De hecho podría concebirse que la Investigación Científica y Tecnológica no produjera durante un largo periodo prácticamente ninguna patente nueva y, sin embargo ser sumamente importante para el crecimiento económico futuro”.

2).- Desarrollo de Nuevos Procesos.

El desarrollo de nuevos procesos, incluye mejoras en los procedimientos, al igual que en su diseño.

En este tipo de Actividad Innovadora, existen un conjunto de patrones comunes:

- 1.- La búsqueda de la Eficiencia,
- 2.- La Calidad del producto resultante,
- 3.- Emplear nuevos, abundantes y económicos insumos,
- 4.- Aprovechar algunos desechos como insumos.

De esta manera, la convergencia en el desarrollo de nuevos procesos es lograr maximizar los recursos en la producción.

El armazón tecnológico de la Industria Química se compone de Maquinaria y Equipo específicos cuya característica es la reacción química, ésta constituye la clave del proceso. Mientras más se conozca de la Química de Reacción se puede garantizar una mejor conversión, eficiencia o rendimiento a través de la planificación y organización del procedimiento ó proceso químico.

La innovación de Procesos, por otra parte, puede implicar modificaciones fundamentales en equipo propio, para la Industria Química, lo cual conduce a Inferir que la Organización de una Planta Química, puede ser tan ahorradora de Factores como la Introducción de Maquinaria Nueva, considerada como Equipo Propio.

En el caso del Patentamiento Mexicano sobre “Equipo Propio” existen muy escasos registros de Patentes, y generalmente relacionadas a las patentes de Procesos. De un breve análisis se determinó que el porcentaje aproximado sobre equipo propio, contenido en las

patentes sobre Procesos, es de aproximadamente el 4% del total del patentamiento mexicano.

Sin embargo, consideramos que existen dos fuentes principales en su Innovación:

a). La primera, a través de empresas proveedoras de bienes de capital, especializadas en el diseño y desarrollo de Ingeniería de Equipos y Procesos. En este sentido podemos considerar que el Equipo de Procesos, es específico y único, y que esta apropiabilidad ha consistido en el creciente conocimiento de la Ciencia Química para aplicar ciertos principios empíricos de tipo mecánico, concomitantes a la Cinética y Química de Reacción, a la Termodinámica y a los Fenómenos de Transferencia.

b). La segunda, se encuentra estrechamente relacionada con la necesidad inmediata o por el aprendizaje por medio de la práctica, que conllevan a la Innovación Acumulativa. En la que se concibe una solución esencialmente técnica, a través de configurar elementos particulares ó ideas que resulte satisfactorio a la necesidad, dando como resultado la creación de "equipos ó partes hechos a la medida" de las necesidades productivas. Esto puede repercutir de manera continua en mejoras graduales, hasta el punto de ser una innovación implícita a la Actividad de Procesos, y no estar patentada, lo que viene a representar una seria desventaja en el conocimiento del grado de Innovación, sin ser exclusivo de México.

El análisis del patentamiento de la química en México por titulares nacionales se realizó de la siguiente forma: partiendo de la clasificación de los 8 sectores que componen la química (ver cuadro 1 del Anexo C) se recopilaron las 435 patentes mexicanas que corresponden a cada uno. Ver cuadro 1 donde se presenta la distribución absoluta y relativa de estos.

Cuadro 1

Patentes Registradas durante 1980-1992 por Sectores (BANAPA)

SECTOR	PRODUCTO	PROCESO	TOTAL
1) Química Inorgánica	11	40	51
2) Química Orgánica	37	87	124
3) Químicos Agrícolas	6	10	16
4) Procesos Químicos	54	79	133
5) Hidrocarburos, Aceites Minerales.	17	23	40
6) Blanqueadores y Limpiadores.	0	9	9
7) Drogas y Biotecnología.	6	26	32
8) Plásticos y Productos de Plástico.	8	22	30
TOTAL	139 = (32%)	296 = (68%)	435

"Análisis de Sectores: 1, 3 y 4"

SECTOR	# DE PATENTES REGISTRADAS
1) Química Inorgánica	51
2) Química Orgánica	124
3) Procesos Químicos	133
Total	308
Porcentaje	71% del Total.

Fuente: Elaboración propia a Partir de BANAPA.

= La relación $\text{Proceso/Producto} = 2.13$

De éste análisis se destacan cinco características relevantes del patentamiento en el campo de la química:

1) El 71% se concentra en tres sectores: Inorgánica, Orgánica y Procesos Químicos (Ver Análisis de Sectores, Cuadro 1). Además son los sectores que contienen la totalidad del patentamiento de catalizadores que aquí se estudian. Por lo cual se decidió estudiar estos tres sectores.

Las patentes de estos tres sectores, se agruparon y se clasificaron de acuerdo a su común aplicación ó utilidad tecnológica, de tal manera que dichas aplicaciones técnicas, se han designado en llamar "Función Tecnológica de Patentes en el Sector correspondiente". En el cuadro 2 se presentan las Funciones tecnológicas de las patentes en el sector "Química Inorgánica".

catalizadores de tipo Heterogéneo y aparecen 1364 patentes en las que es determinante la presencia de un determinado tipo de la amplia variedad de catalizadores Heterogéneos (su desarrollo y análisis, se aborda en la última parte).

A partir de las patentes mexicanas se procedió a identificar las patentes extranjeras. El método consiste en buscar a partir de la clasificación OMPI asociada a las patentes de catalizadores otorgadas a mexicanos en el BANAPA.

El eje del análisis es determinar cual es el origen de las patentes mexicanas. La hipótesis es que la mayor parte del patentamiento en catalizadores en México otorgados a Mexicanos en el campo de la Química tiene sus antecedentes en las patentes extranjeras (registradas o no en México).

3). De el Cuadro 1, se observa que el total de patentes registradas en el sector Inorgánica, Orgánica y Procesos Químicos, corresponde 63.45 % a Proceso (206 patentes) y el resto 31.95 % a Producto (102). Estos porcentajes son semejantes a la distribución procesos/producto del total del patentamiento en el campo de la Química.

4). Al analizar el tipo de agente que patenta (institución empresa o individuo) se puede constatar la presencia mayoritaria de Instituciones; cuya participación es del 61 %. De este porcentaje (61%), el IMP participa con el 91 %, en los tres sectores.

5)

En el campo de la química con un total de 10890 patentes (Cuadro 5); se registraron 435 de titulares mexicanos, contra un total de 10455 de titulares extranjeros. Esto representa el 4 % del patentamiento total en México por mexicanos.

Cuadro 5.

Patentes Otorgadas en México por Campo Tecnológico (1980-1992).

	# DE PATENTES.	% DE PATENTES.
1.- Química.	10,890	36.3%
2.- Electricidad/Electrónica.	4518	15%
3.- Máquinas No Eléctricas.	9950	33.1%
4.- Transportes.	1901	6.3%
5.- Otros.	2780	9.3%
TOTAL	30,039	100%

Fuente: J. Aboites y M. Soria, (1995) El Patentamiento en México, Mimeo.

♦ Aproximadamente mas de dos terceras partes (68%) de las patentes del campo de la química corresponden a procesos y el resto (32%) a producto en los 8 sectores. Es decir la relación entre el número de patentes de procesos por el número de patentes de productos es apenas mas del doble. Para tener una idea mas clara, por cada dos patentes de proceso existe casi una patente de producto (Relación Proceso/Producto = 2.13 ver Cuadro 1).

♦ Al analizar la aplicación tecnológica de los 8 sectores sobresale el papel de los catalizadores.

a) Se sabe que en el 90 % de los procesos en los que existe transformación química intervienen los catalizadores.

b) Se considera que existe un mercado potencial de catalizadores demandados de importación por la industria petrolera, el cual se ubica en el orden de 25.1 millones de dólares anuales a precios de Mayo de 1991⁴.

♦ El análisis de sectores 1, 2 y 4 del campo de la química implica analizar el 70 % (308 patentes) del total de patentamiento del campo de la Química en México. Es decir se trata de los tres sectores mas significativos del patentamiento en la química.

♦ El 23 % de los tres sectores son Catalizadores

⁴ Según memoria de ponencia presentada por el Químico Sergio Botello, Secretario Técnico del Subcomité de Promoción Industrial de la Gerencia de Promoción Industrial de Petróleos Mexicanos, en el foro de catalisis, organizado por la Academia de Catalisis, A.C., México, D.F., el 13 de Noviembre de 1991.

B.2 Análisis por Sectores en el Campo de la Química.

El propósito del presente apartado es determinar las cualidades peculiares en el patentamiento de cada uno de los ocho sectores⁵ que conforman el campo de la Química en México.

Al considerar el análisis de los resultados obtenidos a fin de caracterizar el comportamiento de cada sector tenemos:

a) El Sector Química Inorgánica cuenta con 51 Patentes que corresponde al 12% del Total de Patentes por Inventores Mexicanos en el Campo de la Química.

El mayor número de Patentes otorgadas han sido para Instituciones, como es el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) con 18, seguido por el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV) y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), ambos con 3 patentes (ver Cuadro 6). El restante 33% de patentes, son otorgadas a 25 distintos Inventores, ya sea Empresas Privadas ó Individuos.

Cuadro 6
Química Inorgánica ; Patentamiento por tipo de titular.
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Patentes
INSTITUCIÓN	IMP	18	35%
	CINVESTAV	3	6%
	IIE	3	6%
EMPRESA	Pinturas Pacífico	2	4%
	Materias Primas Monterrey	2	4%
INDIVIDUO	Otros	23	45%
	TOTAL	51	100%

Según el formato en propiedad por el BANAFIA.

En éste sector el 78% de las Patentes son Procesos (ver Cuadro 7). En la actividad de Procesos, cabe mencionarse que existe una relación muy estrecha entre la función tecnológica que cumple los catalizadores y el desarrollo de mejores obtenciones y usos de una serie de materiales en su composición, generando mayor diversidad en su empleo. Por ejemplo sobresalen los procesos en

⁵ Según la clasificación de Aboites, J. y Soria, M. (1996). Ver Cuadro I del Anexo.

la obtención ó preparación de diversos tipos de Zeolitas, Alúmina, Gamma Alúmina, empleados como soportes para diversos tipos de Catalizadores.

Asimismo destacan los procesos para obtención, preparación y recuperación de sales de fosfatos, bisulfitos, fosulfatos y ácido fosfórico con distinto grado de pureza.

Cuadro 7.
Química Inorgánica: Tipo de Patente (producto ó proceso)
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	Producto	Proceso
INSTITUCIÓN	IMP	3	15
	CINVESTAV	0	3
	IIE	1	2
EMPRESA	Pinturas Pacifico	2	0
	Materias Primas Monterrey	0	2
INDIVIDUO	Otros	5	18
TOTAL		11	40
PORCENTAJE		22%	78%

Fuente: A partir de BANAPA

Otros procesos importantes con tendencias bien marcadas son la obtención y preparación de diversos óxidos de hierro, y la eliminación de sus impurezas, al igual que obtención del sílice por métodos diversos.

En la actividad de Nuevos Productos sobresalen una variedad de composiciones, que no son adelantos científicos relevantes, pues la gran mayoría son más bien productos diversificados, cuyas patentes son por mejoras al producto.

Entre estos productos sobresalen los Recubrimientos Anticorrosivos, Esmaltes de látex Artíficos, composiciones de revestimiento para uso anticorrosivo.

Al considerar el conjunto de Invencciones otorgadas por Mejoramiento, de Productos y Procesos, se tienen los siguientes resultados:

- En este Sector el Porcentaje de Patentes asignado a Mejoras, por producto y proceso, es superior que si se considera el Patentamiento como Nueva Producto ó Proceso (ver Cuadro 8).

tipos de preparaciones, producción y manufactura de Ácidos Orgánicos, Compuestos de Amonio, Éteres, Sapogeninas, Celulosa, Resinas entre otras.

Los Procesos Químicos relacionados a los Hidrocarburos Aromáticos, aplican un total de 13 tecnologías de procesos, que se refieren a la oxiclорación, producción y obtención de diversos compuestos orgánicos.

Destaca también el Área de Plásticos, que presenta aplicaciones de proceso para obtener una gama de polímeros, plastificantes, y filamentos entre otros. Además de una considerable cantidad de productos, tales como Resinas, Polímeros, Estabilizadores, Películas, etc.

En este sector tenemos 17 tipos diferentes de catalizadores. Su función es de aplicación en diversos procesos orgánicos, en especial petroquímicos, tales como la Isomerización de n-Pentano, Epoxidación de Propilenos, Poligomerización de Etileno, Polimerización de Olefinas, Hidrogenación de Hidrocarburos, entre las más comunes.

c) El Sector *Procesos Químicos* tiene el mayor de número de patentes asignadas, a sectores que integran el campo de la Química, tanto de Nacionales, como de Extranjeros.

En el sector Procesos Químicos, se ubican 133 patentes, cuya proporción equivale al 31% de la Actividad Patentadora de Mexicanos.

La mayor participación en el patentamiento se asigna al IMP, con un total de 86 Patentes, que corresponde al 64.6% de la Actividad Innovadora en este Sector.

Cuadro 12.

Procesos Químicos : Patentamiento por tipo de titular

(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Pat.
INSTITUCION	IMP	86	64.6%
	Luis G. Castelum & CONACyT	2	1.5%
EMPRESA	Metalgámica	4	3%
	Industrias Imperial	2	1.5%
INDIVIDUO	Ramón Terrazas Vargas	4	3%
	Mariano Hernández Ayala	2	1.5%
	Otros	33	24.9%
TOTAL		133	100%

fuente: Elaboración propia a partir de BANA A

innovar el proceso de reacción, a través de las múltiples combinaciones entre reactantes e intermediarios (catalizadores), que optimicen ó hagan posible otras combinaciones entre mezclas y equipo, que antes no existían ó eran costosas.

Es en este sector donde también se localiza el mayor número de productos utilizados en procesos de extracción de petróleo, tales como desemulsificantes, deshidratantes, etc.

d) El *Sector Químicos Agrícolas*, se encuentra especialmente caracterizado por el patentamiento de inventores mexicanos individuales (ver Cuadro 15). Es decir no participan Instituciones ó Empresas Privadas, a diferencia de los otros sectores. Este rasgo propicia un nivel muy escaso, con un total de 16, que corresponde al 4% del total de Patentamiento de Inventores Mexicanos en el Campo de la Química.

Cuadro 15
Químicos Agrícolas: Patentamiento por Titular.
 (1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Patentes
INDIVIDUO	Nieto Bermudez	3	18%
	Amada E. Garza Salinas	2	13%
	Margarita del Muro	2	13%
	Otros	9	56%
	TOTAL	16	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Predomina la invención de Procesos, con un 62.5%, seguido por Nuevos Productos el 37.5% (ver Cuadro 16).

Cuadro 16
Químicos Agrícolas: Tipo de Patente (producto ó proceso)
 (1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	Producto	Proceso
INDIVIDUO	Nieto Bermudez	0	3
	Amada E. Garza Salinas	1	1
	Margarita del Muro	2	0
	Otros	3	6
	TOTAL	6	10
	PORCÉNTAJE	37.5%	62.5%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Destacan los procesos para preparar composiciones rodenticidas, microbicidas y parasiticidas, lo mismo que procedimientos para obtener sustancias químicas que se emplean como materia para fertilizantes y para preservar follajes de coníferas.

En las Invencciones de Productos, tenemos composiciones germicidas y bactericidas, útiles en la protección contra plagas de cultivos. Así como sustancias que actúan como mejoradores y modificadores bioquímicos de suelos Agrícolas.

La función tecnológica en las Invencciones en Equipo, son diseñadas para la conversión de desperdicios urbanos ó desechos de campo y la Industrialización de basura urbana en Abono Orgánico.

Otra característica del Patentamiento en este Sector es que sólo el 33% y 30% son mejoras al Producto y al Proceso respectivamente, lo que representa predominio de actividad inventiva que podemos considerar, como original (ver Cuadro 17).

Cuadro 17.

Químicos Agrícolas: Naturaleza de la Innovación.
(1980-1992)

	Mejora	Nuevo
PRODUCTO	33%	67%
PROCESO	30%	70%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Sin embargo, de lo resultados del Análisis, se puede concluir una muy escasa actividad patentadora, en un Sector estratégico de suma importancia económica.

el Sector Hidrocarburos y Aceites Minerales. Este sector debe caracterizarse por una elevada Actividad Patentadora de Instituciones, Empresas ó Inventores mexicanos, si consideramos la situación actual de México, como importante productor por poseer importantes reservas petroleras y contar con el IMP dedicado a la satisfacción de sus necesidades tecnológicas (ver Cuadro 18: 85% de patentamiento corresponde al IMP).

Cuadro 18
Hidrocarburos, Aceites Minerales: Patentamiento por Titular
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Patentes
INSTITUCIÓN	IMP	34	85%
INDIVIDUO	Otros	6	15%
	TOTAL	40	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Con un total de 40 patentes de las cuales 23 corresponden a Procesos (ver Cuadro 19) equivalente al 57.5% y 17 a Producto (el 42.5% restante).

Cuadro 19:
Hidrocarburos, Aceites Minerales: Tipo de Patente
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	Producto	Proceso
INSTITUCIÓN	IMP	12	22
INDIVIDUO	Otros	5	1
	TOTAL	17	23
	PORCENTAJE	42.5%	57.5%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Debemos considerar, sin embargo que existe una respetable cantidad de Patentes que no han sido asignadas a este sector por tener mayor correspondencia al Sector de la Química Orgánica. la razón es que el Cluster Tecnológico que corresponde a los Hidrocarburos corresponde también al de la Química Orgánica.

Los hidrocarburos son los compuestos orgánicos más sencillos. Consisten solamente de Hidrógeno y Carbono, como resultado de la capacidad del carbono para unirse consigo mismo en cadena e incluso en anillos, se ha originado una variedad casi infinita de compuestos orgánicos. Se calcula que se han estudiado más de dos millones de diferentes compuestos orgánicos y esta cifra va aumentando a razón de varios miles de nuevos compuestos por año.

En relación con su estructura los hidrocarburos se dividen en dos grupos de Productos: los Alifáticos y los Aromáticos, que se encuentran especialmente caracterizados en el Sector: "Química Orgánica".

La Actividad de las Patentes en este sector, sin embargo, no se centra en Productos, sino en Procesos en la obtención de catalizadores para la "reformación" e "hidrotreamiento" de Hidrocarburos, Procesamiento de Crudos pesados, Reformación de Naftas, Desulfuración de Gas Licuado de Propano, Deshidratación de Gas Natural, etc.

Los Lubricantes son sustancias que disminuyen el rozamiento y el desgaste de las piezas mecánicas que se mueven unas contra otras, recubriendo las superficies metálicas de una delgada capa de sustancia, con gran poder adhesivo a las mismas.

Los Aceites Lubricantes, son Hidrocarburos que están constituidos por n-parafinas, isoparafinas con cadenas laterales cortas o largas, naftenos e hidrocarburos aromáticos mono y policíclicos.

La evidencia empírica demuestra que el patentamiento de mexicanos, en lubricantes se centra principalmente, en los procesos para su obtención y su composición; además, de los procedimientos técnicos en la Preparación de Aditivos a base de Aceites para motores de Combustión Interna.

Otros procesos de igual importancia apuntan en deshidratar y deshalar aceites crudos del Petróleo, además de deshidrodesparafinar Aceites Lubricantes.

Cabe hacer mención que de las 40 patentes que conforman éste sector, 34 pertenecen al IMP y las restantes seis a titulares particulares.

Otro aspecto importante a resaltar del análisis de éste sector es que existe un considerable porcentaje del 65% y 56.5% por Mejoras, en Producto y Proceso respectivamente (ver Cuadro 20), es decir 25 de las 40 patentes de estudio que conforman éste sector son invenciones de tipo incremental.

Cuadro 20
Hidrocarburos, Aceites Minerales: Tipo de Patente
 (1980-1992)

	Mejora	Nuevo
PRODUCTO	65%	35%
PROCESO	56.5%	43.5%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992).

f) **Sector Blanqueadores y Limpiadores:** El nivel de Actividad Innovativa para este sector es de nueve patentes, y con una proporción del 3% del Patentamiento Nacional en el Campo de la Química es considerado el menor, respecto de los otros sectores que conforman el campo de estudio de la Química.

La participación en este sector es definitivo hacia titulares individuales (ver Cuadro 21).

Cuadro 21
Blanqueadores y Limpiadores: Patentamiento por tipo de Titular.
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Patentes
INDIVIDUO	Emilia Garza Salinas	3	33.3%
	Otros	6	66.6%
	TOTAL	9	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Cuadro 22
Blanqueadores y Limpiadores: Tipo de Patente.
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	Producto	Proceso
INDIVIDUO	Emilia Garza Salinas	0	3
	Otros	0	6
	TOTAL	0	9
	PORCENTAJE	0%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Las áreas tecnológicas de aplicación, se concentran en los procesos para la producción de limpiadores, desodorantes, desinfectantes y colorantes para alimentos, así como procesos para el teñido de Fibras naturales, artificiales o sintética, y procedimientos en la preparación de Ftalocianina de Cobalto Tetrasulfonada y disulfonada; ingredientes para formular pigmentos.

Del Cuadro 3.6 se observa que el tipo de innovación corresponde a Nuevo Proceso con el 78%.

Cuadro 23
Blanqueadores y Limpiadores: Naturaleza de la Innovación.
(1980-1992)

	Mejora	Nuevo
PROCESO	22%	78%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

g). Sector Drogas y Bioingeniería: Con un total de 32 Patentes, que corresponde a un 8% del total del Patentamiento por Inventores Mexicanos en el campo de la Química, el Sector Drogas y Bioingeniería registra 26 patentes por innovación a procesos. Participa Instituciones como el IMP y CINVESTAV, registrándose muy escasa participación de la Industria Farmacéutica(Ver Cuadro 24)

Cuadro 24
Drogas y Bioingeniería: Patentamiento por tipo de titular.
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Patentes
INSTITUCIÓN	IMP	3	9%
	CINVESTAV	2	6%
INDIVIDUO	Juán Ramón Céspedes	3	9%
	Héctor Chain Simón	2	6%
	Otros	22	70%
TOTAL		32	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Se distingue una considerable cantidad de procesos (26 patentes: ver Cuadro 25) para preparar diversos extractos vegetales farmacéuticos con sus respectivas aplicaciones ó tratamientos medicinales, lo que puede denominarse medicina herbolaria. También diversas preparaciones cosméticas, dentífricas, antibacterianas y composiciones de antígenos.

Cuadro 25
Drogas y Bioingeniería: Tipo de patente (producto ó proceso)
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	Producto	Proceso
INSTITUCIÓN	IMP	0	3
	CINVESTAV	0	2
INDIVIDUO	Juán Ramón Céspedes	0	3
	Héctor Chain Simón	0	2
	Otros	6	16
TOTAL		6	26
PORCENTAJE		19%	81%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

En las invenciones de Productos se encuentran composiciones y soluciones para el tratamiento dental y composiciones en amalgamas dentales y para el tratamiento de lesiones cutáneas.

El grado de Innovación en éste Sector es del 100% a Nuevos Productos y el 81% a Nuevos Procesos (ver Cuadro 26)

Cuadro 26
Drogas y Bioingeniería: Patentamiento por tipo de titular.
 (1980-1992)

	Mejor	Nuevo
PRODUCTO	0%	100%
PROCESO	19%	81%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

5). *Sector Plásticos y Productos de Plástico.* En este sector se tienen 30 patentes, a lo que corresponde un porcentaje del 7% del total del Patentamiento por Inventores Mexicanos en el Campo de la Química.

Cuadro 27
Plásticos y productos de Plásticos: Patentamiento por tipo de Titular.
 (1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	# de Patentes	% de Patentes
INSTITUCION	IMP	2	6.5%
	IIE	2	6.5%
EMPRESA	Plastiglas de México	2	6.5%
	VITROTEC	2	6.5%
INDIVIDUO	Otros	22	74%
	TOTAL	30	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de BANAPA (1980-1992)

Del análisis correspondientes se desprende que el número de Patentes correspondientes a Productos son 8, y 22 a Proceso (ver Cuadro 28)

Cuadro 28

Plásticos y productos de Plásticos: Tipo de Patente (producto ó proceso)
(1980-1992)

Tipo de Titular	Nombre del Titular	Producto	Proceso
INSTITUCIÓN	IMP	1	1
	IIE	0	2
EMPRESA	Plastiglas de México	0	2
	VITROTEC	0	2
INDIVIDUO	Otros	7	15
	TOTAL	8	22
	PORCENTAJE	%	7.33%

Fuente: Elaboración propia a partir de BAN/PA (1992)

Cuadro 29

Plásticos y productos de Plásticos: Naturaleza de la Patente.
(1980-1992)

	Mejora	Nuevo
PRODUCTO	62.5%	37.5%
PROCESO	50%	50%

Fuente: Elaboración propia a partir de BAN/PA (1992)

Sin embargo, del total de Patentes asignadas a éste sector, 16 han sido otorgadas por mejoras. Más detalladamente tenemos: que el 62.5 % y el 50 % corresponde a mejoras en Producto y Proceso (ver Cuadro 29).

Nuevamente, la mayor actividad patentadora se enfoca a procesos, en la fabricación de contenedores, recipientes, ductos, así como en la formación de preformas de envases de vidrio, procesos termoplásticos de laminado, rotomoldeo de para la decoración de artículos inflables, etc.

En Equipo, tenemos máquinas formadoras termoplásticas, de moldeo rotacional, de moldeo por inyección, entre otras.

Sin embargo las patentes correspondientes a productos, consideramos son innovaciones menores, por ejemplo válvulas para el inflado de cámaras y pelotas, domos geodésicos, una composición para piezas de plástico para maquetas industriales, etc.

La gran mayoría de invenciones, son otorgadas a titulares individuales, participan instituciones como el IMP y el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), además Empresa como Vitrotec y Plastiglas.

Anexo C

Cuadro 1.

CLASIFICACIÓN QUE INTEGRAN LOS OCHO SECTORES TÉCNICOS DEL CAMPO DE LA QUÍMICA.

CLASIFICACIÓN	SECTOR
1.- C01B C01C C01D C01F C01N C01L C01G C09D	QUÍMICA INORGÁNICA
2.- C07C C08B C08C C08F C08H C08J C08K C08G C07F C07D C07B C11B C08L C07J C09F D01F	QUÍMICA ORGÁNICA.
3.- C05B C05F C05C A01N C05D C05G	QUÍMICOS AGRÍCOLAS
4.- B03D D01C C09J C11D C10C C14C C09G A62D B05F E35D C02F C09K C09C B01J B41M B41N C25D C25C C10H C07G C07M C10K	PROCESOS QUÍMICOS
5.- C10L C10B C10F F23Q F23K C10G C10N C6C C10M C11C C06F	HIDROCARBUROS, ACEITES MINERALES, ...
6.- A61L D06L C12S C09B D06P	BLANQUEADORES, LIMPIADORES
7.- C07K A61K C12C C13J C12G C12Q A01H C12M C12P C12N C12R	DROGAS Y BIOINGENIERÍA
8.- B29B B29C B29D B29K B29L B60C DE	PLÁSTICOS Y PRODUCTOS PLÁSTICOS.

Cuadro 2.

CLASIFICACION DE LAS INVENCIONES DE LA QUÍMICA.

CLASIFICACION	AMBITO SUBIERTO
C01B	1. Elementos no metálicos. Sus compuestos.
C01C	2. Alótropos. Sus compuestos.
C01D	3. Tintas; Pinturas; Barnices; Lacas; Pinturas para Madera; Productos Químicos para quitar la pintura; Pastas ó sólidos para la coloración ó impresión.
C01C	4. Compuestos Acíclicos ó Carbocíclicos.
C08B	5. Polisacaridos; sus derivados.
C08G	6. Compuestos macromoleculares obtenidos por reacciones distintas a aquellas en las que intervienen solamente enlaces insaturados carbono-carbono.
C07F	7. Compuestos acíclicos, carbocíclicos ó heterocíclicos que contienen elementos distintos del carbono, hidrógeno, halógenos, oxígeno, nitrógeno, azufre, selenio ó telurio.
C07D	8. Compuestos Heterocíclicos.
C01B	9. Procesos generales de química orgánica; Sus aparatos.
C11B	10. Producción, refino ó conservación de grasas, sustancias grasas, aceites grasos ó ceras, incluida la extracción a partir de residuos; aceites esenciales; Perfumes.
C08L	11. Composiciones de compuestos macromoleculares.
C07J	12. Esteroides.
C07F	13. Resinas naturales; Pulimento francés; Aceites secantes; Resinas; Trementina.
C01F	14. Parte Química de la fabricación de filamentos, hilos, fibras, sedas ó cintas artificiales.
C05B	15. Fertilizantes fosforados.
C05F	16. Fertilizantes orgánicos no cubiertos por las subclases C05B, C, p. Ej. fertilizantes a partir de desechos ó desperdicios.
C05C	17. Fertilizantes nitrogenados.
A01N	18. Conservación de cuerpos humanos ó animales ó de vegetales, ó de partes de ellos; Biohormonas; p. ej. en tanto que sean desinfectantes, pesticidas, herbicidas; Productos que atraen ó repelen a los animales perjudiciales; reguladores de crecimiento de los vegetales.
C05D	19. Fertilizantes inorgánicos no C05B, C, p. ej. Fertilizantes que producen dióxido de carbono.
C05G	20. Mezclas de fertilizantes cubiertos individualmente por las subclases C05; Mezclas de uno ó varios fertilizantes con productos que no tienen específica actividad fertilizante; p. ej. pesticidas, acondicionadores de suelos, agentes humectantes; fertilizantes caracterizados por su forma.
B03D	21. Floteación; Sedimentación diferencial.
D01C	22. Tratamiento químico de materias filamentosas ó fibrosas naturales para la producción de filamentos ó de fibras para hilar; Carbonización de trapos viejos para recuperar las fibras animales.
A62D	23. Medios químicos para apagar los incendios ó para luchar contra los agentes químicos nocivos ó protegerse de ellos; productos químicos en los aparatos respiratorios.
B41M	24. Procesos de impresión, reproducción, de marcado ó copiado; impresión en color.*
B41N	25. Cliches ó placas de impresión; Materiales para superficies utilizadas en la impresión para imprimir, entintar, mojar ó similar; preparación de tales superficies para su empleo ó conservación.

C25U	25. Procesos para la producción electrolytica o electroforetica de revestimientos; galvanoplastia; Sus aparatos.
C25C	27. Procesos para la producción, recuperación o afinado electrolítico de metales; Sus aparatos.
C10H	28. Producción de acetyeno por vía húmeda; su purificación.
C07G	29. Compuestos de constitución indeterminada.
C10K	30. Purificación o modificación de la composición química de los gases combustibles industriales que contienen monóxido de carbono.
C10L	31. Combustibles no previstos en otros lugares; Adición de sustancias a los combustibles o al fuego para reducir el humo o depósitos indeseables, o para facilitar la eliminación del hollín; Generadores de fuego.
C10B	32. Destilación destructiva de materias carbonosas para la producción de gas, coque, alquitran o materias similares.
C06C	33. Dispositivos de detonación o cebado; espoletas; encendedores químicos; composiciones piroforas.
C10M	34. Composiciones lubricantes; Utilización de sustancias, ya seas solas o como ingredientes lubricantes en una composición lubricante.
C11C	35. Ácidos grasos a partir de grasas, aceites o ceras; Velas; Grasas, aceites o ácidos grasos obtenidos por modificación química de grasas, aceites o ácidos grasos.
C06E	36. Cerillas; Fabricación de cerillas.
A61L	37. Métodos o aparatos para esterilizar materiales u objetos en general; Desinfección, esterilización, o desodorización del aire; Aspectos químicos de vendas, curas o artículos quirúrgicos; Materiales para vendas, curas o artículos quirúrgicos.
D06L	38. Blanqueado, p.ej. Blanqueado Óptico, limpieza en seco o lavado de fibras, hilos, hilados, tejidos, plumas o artículos fibrosos; Blanqueado del cuero o de las pieles.
C09B	39. Colorantes orgánicos o compuestos estrechamente relacionados para producir colorantes; Mordientes; Lacas.
D06P	40. Teñido o impresión de textiles; Teñido de cuero, de pieles o de sustancias macromoleculares a la: de cualquier forma.
C07K	41. Péptidos; Proteínas.
A61K	42. Reparaciones de uso médico, dental o para el aseo.
C12M	43. Equipo para enzimología o microbiología; Equipo para el cultivo de células unicelulares, de células animales o vegetales, de tejidos o de virus.
C12P	44. Procesos de fermentación o procesos que utilizan enzimas para la síntesis de un compuesto químico dado o de una composición dada, o para la separación de isómeros ópticos a partir de una mezcla racémica.
C12N	45. Microorganismos o enzimas; Composiciones que los contienen; Cultivo o conservación de microorganismos o de tejidos; Técnicas de mutación o de genética; Medios de cultivo.
C12R	46. Sistema de Indexación asociado a las subclases C12C a Q, relativo a los microorganismos.
B29B	47. Preparación o pretratamiento de materias a conformar; Preparación de gránulos o de preformas; recuperación de plásticos o de otros constituyentes de materiales de desecho que contiene plástico.
B29C	48. Conformación o unión de plásticos; Conformación o unión de sustancias en estado plástico en general; posttratamiento de productos conformados.
B29D	49. Fabricación de objetos particulares a partir de plásticos o de sustancias en estado plástico.
B29K	50. Sistema de Indexación asociado a las subclases B29B, C o D, relativo a las materias a moldear.
B29L	51. Sistema de Indexación asociado a las subclases B29B, C o D, relativo a objetos

	particulares.
A00C	52. Neumáticos para vehículos; Hinchado de neumáticos; Cambio ó reparación de neumáticos; Reparación ó fijación de válvulas a cuerpos elásticos inflables, en general; Dispositivos ó instalaciones concernientes a los neumáticos.
C03B	53. Cal; Magnesia; Escorias; Cementos; Sus composiciones, p. ej. morteros, hormigón ó materiales de construcción similares; Piedra artificial; Cerámica; Refractarios; Tratamiento de la piedra natural.
C03B	54. Fibración, modelado ó procesos suplementarios.
D06N	55. Materiales de revestimiento para muros, techos ó similares, que consisten en un tejido de fibras recubierto de una capa de sustancia macromolecular; Materiales en forma de hojas flexibles, no previstos en otro lugar.
C05C	56. Composición química de los vidrios, vidreos ó esmaltes vitreos; Tratamiento de la superficie del vidrio; Tratamiento de la superficie de fibras ó filamentos de vidrio; Sustancias minerales ó escorias; Unión de vidrio a vidrio ó a otros materiales.
A23B	57. Conservación, p.ej. enlatado, de carne, pescado, huevo, fruta, vegetales ó semillas comestibles; Maduración química de frutas u hortalizas; Productos conservados, maduros ó enlatados.
A22C	58. Tratamiento de la carne, de las aves de corral, ó del pescado.
A21D	59. Tratamiento, p.ej. conservación, de la harina ó de la pasta, p.ej. por adición de ingredientes; Cocción; Productos de panadería; Conservación.
A23F	60. Café; Té; Sucedáneos del Café ó del té; Fabricación, preparación ó infusión.
A23L	61. Alimentos, productos alimenticios ó bebidas no alcohólicas no cubiertos por la subclase A23B, A23J; Su preparación ó tratamiento, p. ej. cocción, modificación de las cualidades nutritivas, tratamiento físico; Conservación de alimentos ó productos alimenticios en general.
A23K	62. Alimento para animales.
C09H	63. Preparación de cola ó gelatina.
A24B	64. Fabricación ó preparación de tabaco para fumar ó para mascar.
C22B	65. Producción ó afinado de metales; Pretratamiento de materias primas.
C22F	66. Modificación de la estructura física de los metales.
C23D	67. Enmaltado ó aplicación de capas vitreas a los metales.
C21C	68. Procesos del hierro fundido; Afinado, fabricación de hierro ó acero dulce; Tratamiento de los metales ó fundidos en estado líquido.

Cuadro 3.

Esbozo del Contenido que conforma el Documento:

El título de Patente, comprende la descripción que ha continuación se presenta:

- Nombre de la Invención.
- Extracto de la Invención.
- Campo de la Invención.
- Antecedentes de la Invención.
- Resumen de la Invención.
- Breve Descripción de la Figura.
- Descripción detallada de la Invención.
- Ejemplos.
- Novedad de la Invención:

Reivindicaciones:

- 1.-
- 2.-
- 3.-
- etc.....

BIBLIOGRAFÍA

1. Aboites, J. (1995) *Cambio Institucional e Innovación Tecnológica*. México, DCSH, UAM-Xochimilco, 1995.
2. Aboites, J. (1992) *Trayectorias Tecnológicas en la Manufactura*. México, DCSH, UAM-Xochimilco, 1992.
3. Aboites, J. y Soria M. (1996) *El patentamiento en México*, Mimeo, UAM-X, México, 1996.
4. Andersen E.S. (1991), "Tecno-economic paradigms as typical interfaces between producers and users", en *Journal Evolutionary Economics*, pag. 119-144, 1991.
5. Arcangeli F. (1993), "The Economics of Learning to Learn: an Introduction" en *European International Business Association, 19th Annual Conference*, Lisboa, 1993.
6. Arthur, W.B. (1988) "Competing technologies: an overview" en G. Dosi et al. (eds.) *Technical Chance and Economic Theory*, Londres, Pinter Publisher, 1988.
7. Basberg, B. (1983) "Foreign Patenting in the USA as a technology indicator", en: *Research Policy*, vol. 12, núm. 4, 227-237, 1983.
8. Basalla G. (1991) *La Evolución de la Tecnología*, Editorial Crgalbo, México, 1991.
9. Bermúdez O. et al. (1986), "Avance del Instituto Mexicano del Petróleo en el Desarrollo de Catalizadores", en *Revista del Instituto Mexicano del Petróleo*, Vol. XVIII, N° 2, Abril 1986.
10. Bosch P. y Schifter I. (1988) *La Zeolita una piedra que hierve*, La ciencia desde México, num. 55, SEP-FCE-CONACYT, México, 1988.
11. Brown, M y R. Svenson (1988). "Measuring R&D productivity", en *Technology Management*, julio-agosto, pp. 11-15, 1988.
12. Chris DeBresson y Amesse F. (1991) "Networks of Innovators: A review and introduction to the issue", en *Research Policy*, vol. 20, pag. 363-379, 1991.
13. Coriat B. (1995), *Pensar al Revés*, Siglo Veintiuno Editores, México, 1995.
14. Correa C. "Propiedad Intelectual, Innovación Tecnológica y Comercio Internacional", en *Comercio Exterior*, vol.39, no.12, pp. 1059-1082.

15. David P.A., (1985) "Clio and the economics of QWERTY", *American Economic Review*, col. 75, mayo, pag. 332-337, 1985.
16. De Marchi et al. (1996) "Testing a model of technological trajectories", *Research Policy* 25 pag. 13-23, 1985.
17. Dosi, G. - Pavitt, K.- Soete, L. (1993). *La Economía del Cambio Técnico y el Comercio Internacional*. SECOFI-CONACYT, 1993.
18. Dosi, G. (1982) "Technological paradigms and technological trajectories. A suggested interpretation of the determinants and direction of technical change", *Research Policy*, vol 11, pag. 147-162, 1982.
19. Dosi G. (1984) *Technical Change and Industrial Transformation* Londres Macmillan, 1984.
20. Dosi et al. (1990) *The Economics of Technical Change and International Trade*, Londres Harvester Wheatsheaf, 1990.
21. Dosi, G. y Cimoli M. (1992), *Tecnología y Desarrollo. Algunas Consideraciones sobre los Recientes Avances en la Economía de la Innovación, El cambio Tecnológico hacia el Milenio*, Ed. Economía Crítica, España, 1992.
22. Dussauge, P. Hart, S. Ramarantsoa, B. (1992) *Strategic Technology Management*. John Wiley & Sons, 1992.
23. Enos J.L. (1962), *Petroleum Progress and Profits*, The M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology, 1962.
24. Fuentes S. y Díaz G. (1988), *Catalizadores ¿La piedra filosofal del siglo XX?*, La Ciencia desde México, num. 59, SEP-FCE-CONACYT, México, 1988.
25. Freeman C.(1991) "Networks of innovators: A synthesis of research issues", *Research Policy*, vol. 20, pag. 499-514, 1991.
26. Freeman C. (1975) *La teoría Económica de la Innovación Industrial*, Madrid, Alianza Universidad, 1975.
27. Lomelt, J. (1987) "Perspectivas de la química inorgánica a nivel internacional", en: *La reconversión industrial en América Latina*, vol. X, FCE, México, 1987.
28. Lundvall B. y Johnson B. (1992), "Introduction", en *National System of Innovation*, Edited by Bengt-Ake Lundvall, Pinter Publisher, London, 1992.

29. Nelson R. y Winter S. (1977) in search of useful theory of innovation, *Research Policy* 6 pag. 36-56, 1977.
30. Nelson R. y Winter S. (1982) *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge (Mass.), The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.
31. Nelson R. y Winter S. (1995) *De una teoría evolutiva del cambio técnico*, en "La Naturaleza Económica de la Empresa", Louis Putterman (De). Alianza Editorial, España, 1995.
32. Narin, F. y E. Noma (1987); "Patents as indicator of corporate technological strength", en *Research Policy*, vol. 16, núm. , pag. 143-155, 1987.
33. Patel, P. y Pavitt, K. (1994). "La Continua, Extendida (e Ignorada) Importancia de los Avances en las Tecnologías Mecánicas", en ICE *Innovación y Política Tecnológica*, Num.726, Febrero 1994.
34. Pajares S.J. (1992) "Tendencias Actuales en Química", Santander, España, 1992.
35. Pérez C. (1992) "Cambio Técnico, Restructuración Competitiva y Reforma Institucional en los Países en Desarrollo". en: Trimestre Económico, Enero-Marzo 1992, No. 233
36. Porter M. (1987), *Ventaja Competitiva*, CECSA, México 1987.
37. Rosenberg N. (1979) *Economía del cambio tecnológico*, El Trimestre Económico. Lecturas 31. FCE, México, 1979.
38. Schmoech U. (1993), "Tracing the knowledge Transfer from science to technology as reflected in patent indicators", *Scientometrics*, vol. 26, N°. 1, pag. 193-211, 1993.
39. Teitel S. (1993), "Comparación internacional entre patentes, gastos en ID, dimensión del país e ingreso percapita", en el Trimestre Económico Num 237, FCE, vol LX, Enero-Marzo 1993, México.
40. Tong, X y J. D. Frame (1994) "Measuring national technological performance with patent claims data", en: *Research Policy*, vol. 23, núm. 2, marzo, pp. 133-141.
41. Ramírez, Gaceta UNAM-FQ, Dic. 1988.
42. Rosenberg N. (1993) *Dentro de la Caja Negra: Tecnología y Economía*, LA LLAR DEL LLIBRE, Barcelona, 1993.

-
43. Schumpeter J. (1978) *Teoría del Desarrollo Económico*, Fondo de Cultura Económica, México, 1978.
 44. Market and technical survey of the International Catalysis and Catalytic Processes Industry, Sealand technology Ltd., Hamilton, 1978.
 45. Ulrich G.D. (1992) *Procesos de Ingeniería Química*, Mc Graw Hill, México.
 46. Vegara J. (1989) *Ensayos Económicos sobre Innovación Tecnológica*, Alanza Editorial, Madrid, 1989.