

*Tesis de Grado que presenta el  
Maestro Manuel Soria López*

---

*Para obtener el  
Doctorado en Estudios Organizacionales*

*La organización de la innovación tecnológica:  
Los catalizadores del Instituto Mexicano del Petróleo*

*Doctorado en Estudios Organizacionales*

---

*División de Ciencias Sociales y Humanidades, UAM Iztapalapa*

*Asesor: Doctor Jaime Aboites Aguilar*

*Asesores examen de grado:*

*Dr. José Manuel Domínguez Esquivel  
Dra. Martha Margarita Fernández Ruvalcaba  
Dra. Patricia Pérez Romo  
Dr. Pedro Solís Pérez*

*Tesis de Grado que presenta el  
Maestro Manuel Soria López  
Para obtener el  
Doctorado en Estudios Organizacionales*

---

*La organización de la innovación tecnológica:  
Los catalizadores del Instituto Mexicano del Petróleo*



*Doctorado en Estudios Organizacionales  
División de Ciencias Sociales y Humanidades, UAM Iztapalapa*

---

*Asesor: Doctor Jaime Aboites Aguilar*

*Asesores examen de grado:*

*Dr. José Manuel Domínguez Esquivel  
Dra. Martha Margarita Fernández Ruvalcaba  
Dra. Patricia Pérez Romo  
Dr. Pedro Solís Pérez*

---

*México D. F.*

*Noviembre 19, 2004*

## *Agradecimientos*

Mi agradecimiento a las siguientes instituciones y personas, que me apoyaron con información y conocimientos, así como con recursos materiales e institucionales, con lo se me ofrecieron elementos y condiciones adecuadas para realizar mi investigación doctoral.

Al Instituto Mexicano del Petróleo agradezco la posibilidad de haber podido realizar trabajo de campo a lo largo poco más de tres años, dentro del grupo de investigación del *Proyecto FIES 98-66-V: "Factores Económicos e Institucionales que Determinan el Desempeño Innovativo en el Campo de la Catálisis del Instituto Mexicano del Petróleo y en la Industria Petrolera"*. Este Proyecto fue coordinado por el Dr. Jaime Aboites Aguilar, a quién también quiero agradecer su invitación al grupo de investigación mencionado y su papel como director de esta tesis de grado.

Al CONACYT agradezco el apoyo financiero a lo largo del doctorado a través de su programa de becas nacionales.

A la Universidad Autónoma Metropolitana agradezco la oportunidad para estudiar una licenciatura y un posgrado en UAM Iztapalapa, así como mi puesto de trabajo como docente e investigador en UAM Xochimilco. Esta relación laboral me ha permitido acceder a recursos institucionales de gran importancia para realizar un doctorado: un periodo sabático y otro para redacción de tesis, y los recursos a los que accedemos todos los investigadores a través de nuestros departamentos y áreas. En mi caso, el Departamento de Producción Económica y el Área de Economía Industrial e Innovación.

Estoy seguro que mi grado de profesionalización redundará en el beneficio de varias generaciones de alumnos, de al menos dos licenciaturas de la UAM Xochimilco: Economía y Administración. También en dos maestrías y dos doctorados de la UAM: en UAM Xochimilco la Maestría de Economía y Gestión del Cambio Tecnológico y el Doctorado en Ciencias Sociales; en UAM Iztapalapa la Maestría y Doctorado en Estudios Organizacionales.

Finalmente, agradezco todos los afectos y el apoyo de mi compañera Hilda y el de mis hijas Tania Yunué e Itzel. Ellas mejor que nadie saben lo que implica realizar una tesis: sábados y días festivos dedicados a la escritura y la investigación y no precisamente a la familia. Asimismo, agradezco a mis padres y a mis hermanos y hermanas, quienes junto con mis amigas y amigos siempre me estimularon y me brindaron comentarios de aliento para culminar la tesis y el doctorado.

*Cuernavaca, Febrero, 2005*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

**Capítulo Uno**

***Economía, organización y conocimiento tecnológico***

---

Introducción

***1.1 El diseño de la investigación de tesis***

*1.1.1 La organización de la innovación tecnológica de catalizadores del IMP*

*1.1.2 Método de análisis del caso*

***1.2 Economía de la innovación***

*1.2.1 Economía evolutiva, organización e innovación tecnológica*

*1.2.2 Acumulación de capacidades y trayectorias tecnológicas*

*1.2.3 Las patentes como indicadores del cambio tecnológico*

***1.3 Estudios Organizacionales***

*1.3.1 Economía y Estudios Organizacionales*

*1.3.2 Construcción social del conocimiento, la ciencia y la tecnología*

*1.3.3 Neo institucionalismo e innovación organizacional*

*1.3.4 El proceso de producción de conocimiento tecnológico*

---

**Capítulo Dos**

***Investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México:  
El caso del petróleo***

---

Introducción

***2.1 El sector energético mexicano: el caso de la industria del petróleo***

*2.1.1 Economía institucional del sector energético mexicano: El caso de PEMEX*

*2.1.2 La refinación de combustibles en México*

***2.2 Génesis y cambio institucional de la investigación tecnológica en el  
Instituto Mexicano del Petróleo, 1967-2001***

*2.2.1 Creación y cambio institucional del IMP, 1965-2001*

*2.2.2 Cambio institucional en los institutos públicos del campo de la energía*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

**2.3 El campo público de investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México**

2.3.1 El campo de la investigación pública en otros países

2.3.2 Campo organizacional de la investigación pública sobre energía en México

2.3.3 Política y legislación sobre Ciencia y Tecnología, 1999-2006

**2.4 Hallazgos**

---

**Capítulo Tres**

***Evolución organizacional, económica y tecnológica del IMP, 1965-2003***

---

Introducción

**3.1 La fundación de las actividades de investigación básica y aplicada en el IMP, 1967-1973**

3.1.1 Estrategia principal: definir temas de investigación y crear grupos de investigación

3.1.2 El modelo inicial de investigación implantado en el IMP, 1967-1973

**3.2 Evolución histórica la estructura formal de organización, 1965-2003**

3.2.1 Cambio de la estructura formal de organización, 1965-1999

3.2.2 Innovación organizacional de la estructura formal, 2000-2003

**3.3 Economía y producción tecnológica del IMP, 1967-2001**

3.3.1 Perfil profesional de los empleados

3.3.2 El ejercicio del gasto

3.3.3 Las trayectorias de las patentes

**3.4 Hallazgos**

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

**Capítulo Cuatro**

***La catálisis y los catalizadores en el IMP, 1967-2003***

---

Introducción

***4.1 La evolución de la organización del Área de Catálisis 1967-2003***

*4.1.1 Desarrollo de las capacidades tecnológicas en catálisis y catalizadores, 1967-1992*

*4.1.2 Consolidación de un modelo de investigación y desarrollo tecnológico, 1993-2003*

***4.2 Capacidades y trayectorias tecnológicas de catalizadores en México***

*4.2.1 El aprendizaje tecnológico de los catalizadores: el patrón de solución para la industria en México*

*4.2.2. Investigación básica y aplicada en las patentes de catalizadores y materiales catalíticos del IMP*

*4.2.3 Procesos de investigación básica y aplicada en el Área de Catálisis*

***4.3 El Negocio de los catalizadores***

*4.3.1 Las trayectorias tecnológicas de los catalizadores: la evolución de las regalías y ventas de catalizadores IMP*

*4.3.2 Economía de los servicios y la investigación de catalizadores; La estrategia de desarrollo tecnológico de catalizadores del IMP*

***4.4 Hallazgos y reflexiones***

---

**Capítulo Cinco**

***La producción de conocimiento tecnológico en el IMP, 1967-2003***

---

Introducción

***5.1 Tensiones, rupturas y políticas en la organización***

*5.1.1 El caso del IMP: Tensiones y política de producción de conocimiento, 1967-1974*

*5.1.2 El Área de Catálisis: Tensiones entre agentes productores de conocimiento, 1972-2000*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

***5.2 Ámbitos tecnológico, organizacional e institucional de la producción de conocimiento***

*5.2.1 El ámbito intraorganizacional: Modalidades de invención de catalizadores en el Área de Catálisis del IMP*

*5.2.2 El ámbito organizacional: La producción de conocimiento tecnológico por el IMP*

*5.2.3 El ámbito institucional: La red de la innovación tecnológica de catalizadores en México*

*5.2.4 Características del modo de producción de conocimiento tecnológico en el IMP*

***Capítulo Seis***  
***Conclusiones y recomendaciones de política***

---

*6.1 La innovación tecnológica en el Área de Catálisis*

*6.2 Tensiones que alteraron la continuidad en la producción de conocimiento tecnológico en el IMP*

*6.3 El modo de producción de conocimiento organizado por el IMP en el Área de Catálisis*

*6.4 Cambio institucional y organizacional en la producción de conocimiento tecnológico en el IMP*

*6.5 Problemática actual del IMP*

*6.6 Recomendaciones de política*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

**Capítulo Uno**  
***Economía, organización y conocimiento tecnológico***

*Cuadro 1.1*

*Fuentes de conocimiento de la evidencia recopilada y sistematizada*

*Cuadro 1.2*

*Indicadores utilizados en la investigación*

*Cuadro 1.3*

*Características del Modo Uno y del Modo Dos*

*Diagrama 1.1*

*Análisis del proceso de producción de conocimiento tecnológico*

**Capítulo Dos**  
***Investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México:  
El caso del petróleo***

*Cuadro 2.1*

*Capacidad de refinación de petróleo al nivel mundial, 1999*

*Cuadro 2.2*

*Cambio del marco institucional del IMP, 1965-2001*

*Cuadro 2.3*

*Estructura de Gobierno de los institutos públicos de investigación del sector energético mexicano, 1965-2001*

*Cuadro 2.4*

*Objetivos institucionales de los institutos públicos de investigación del sector energético mexicano, 1965-2001*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Cuadro 2.5*

*Gasto en ciencia, investigación y tecnología en el sector energético mexicano, 1990-2001*

*Cuadro 2.6*

*Patentes concedidas en México a las principales organizaciones mexicanas, 1980-2001*

*Cuadro 2.7*

*Artículos seleccionados de la Ley de Ciencia y Tecnología*

*Diagrama 2.1*

*Campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico en el sector energético mexicano*

*Cuadro 2.1 anexo*

*Organizaciones públicas de investigación y desarrollo tecnológico seleccionadas: países desarrollados y en desarrollo, 1842-1974*

*Cuadro 2.2 Anexo*

*Gasto en ciencia, investigación y tecnología en el sector energético mexicano, 1990-2001 (millones de pesos)*

***Capítulo Tres***

***Evolución organizacional, económica y tecnológica del IMP, 1965-2003***

*Cuadro 3.1*

*Campos disciplinares de la investigación básica en el IMP, 1967-1969*

*Cuadro 3.2*

*Investigación científica aplicada y servicios en el IMP, 1973*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Cuadro 3.3*

*Cambio de la estructura formal de organización del IMP, 1965-2003*

*Cuadro 3.4*

*La nueva estructura formal de organización del IMP, 2000-2003*

*Cuadro 3.5*

*El ciclo de vida de un proyecto de solución al cliente en la nueva estructura formal de operación*

*Cuadro 3.6*

*Grado profesional por fase de los empleados del IMP, 1973-2001*

*Cuadro 3.7*

*Actividad Institucional y grado profesional de los empleados del IMP, 2001*

*Cuadro 3.8*

*Distribución del gasto de operación ejercido por actividad institucional del IMP, 1973-2001*

*Cuadro 3.9*

*Gasto de operación e inversión del IMP por plataforma y unidad organizacional, 2001*

*Cuadro 3.10*

*Estado institucional de la concertación contractual de proyectos e ingresos del IMP por cliente, 2003*

*Cuadro 3.11*

*Estado institucional de las patentes solicitadas por el IMP por área de aplicación, 1967-2000*

*Cuadro 3.12*

*Área de aplicación de las patentes solicitadas por el IMP en México, 1967-2001*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Cuadro 3.1 Anexo*

*Personal contratado por el IMP, 1973-2001*

*Cuadro 3.2 Anexo*

*Distribución del gasto ejercido de operación por actividad institucional, 1973-2001*

*Cuadro 3.3 Anexo*

*Gasto de operación e inversión del IMP por plataforma y unidad organizacional, 2001*  
*Millones de pesos*

*Cuadro 3.4 Anexo*

*Estado institucional de las patentes solicitadas por el IMP por área de aplicación, 1967-2000*

*Cuadro 3.5 Anexo*

*Área de aplicación de las patentes solicitadas por el IMP en México, 1967-2001*

**Capítulo Cuatro**

***La catálisis y los catalizadores en el IMP, 1967-2003***

*Cuadro 4.1*

*Cambio de la estructura formal de organización del Área de Catálisis del IMP, 1965-2003*

*Cuadro 4.2*

*El paradigma de la catálisis y las trayectorias tecnológicas de catalizadores en la industria petrolera*

*Cuadro 4.3*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Principales elementos que constituyen el patrón tecnológico de solución en la industria de refinación de petróleo basado en catalizadores*

*Cuadro 4.4*  
*Estrategias catalíticas de protección ambiental*

*Cuadro 4.5*  
*Patrón tecnológico de catalizadores*

*Cuadro 4.6*  
*Investigación básica y aplicada en Catálisis: Inventores empleados en las Patentes solicitadas por el IMP, 1972-2000*

*Cuadro 4.7*  
*Investigación básica y aplicada en Catálisis: Patentes solicitadas por el IMP, 1972-2000*

*Cuadro 4.8*  
*Trayectorias tecnológicas de la investigación básica: Patentes solicitadas, 1972-2000*

*Cuadro 4.9*  
*Trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada: Patentes solicitadas, 1972-2000*

*Cuadro 4.10*  
*La solicitud de una patente en el IMP: el caso del proceso de obtención del MP-Oso, 2003*

*Cuadro 4.11*  
*Organización del proceso de innovación de un Catalizador de Hidrotratamiento en el IMP*

*Cuadro 4.11a*  
*Fase I: Diseño tecnológico a nivel laboratorio y planta piloto*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Cuadro 4.11b*

*Fase II: Escalamiento Industrial*

*Cuadro 4.11c*

*Fase III: Comercialización: Consumo Industrial y Servicios Tecnológicos*

*Cuadro 4.12*

*Mercado mexicano de catalizadores para refinar combustibles de petróleo: Ventas nacionales por segmento de catalizadores, empresas extranjeras y el IMP, 1997-2001*

*Cuadro 4.13*

*Trayectorias tecnológicas de catalizadores IMP: Regalías por periodo de arranque comercial*

*Cuadro 4.14*

*Regalías de Catalizadores de Hidrodesulfuración por catalizador y periodo de éxito comercial, 1976-2000*

*Cuadro 4.18*

*Regalías de Catalizadores de Reformación de nafta por catalizador y periodo de éxito comercial, 1984-1998*

*Cuadro 4.15*

*Regalías de Catalizadores de Desintegración Catalítica (FCC) por catalizador y periodo de éxito comercial, 1988-2000*

*Cuadro 4.16*

*Margen de beneficio del negocio de catalizadores del IMP: Comparativo entre 1997 y 2001*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Diagrama 4.1*

*Organización del Área de Catálisis del IMP, 1967*

*Diagrama 4.2*

*Organización del Área de Catálisis del IMP, 1968-1973*

*Diagrama 4.3*

*Organización del Área de Catálisis del IMP, 1974*

*Diagrama 4.4*

*Organización del Área de Catálisis del IMP, 1975-1982*

*Diagrama 4.5*

*Organización del Área de Catálisis del IMP, 1983-1992*

*Diagrama 4.6*

*Organización del Área de Catálisis del IMP, 1993-1999*

*Diagrama 4.7*

*Organización de la competencia de catalizadores del IMP, 2001*

*Diagrama 4.8*

*Procesos típicos de refinación de petróleo y sus productos*

*Cuadro 4.1 Anexo*

*Investigación aplicada y básica en catálisis: Inventores de las patentes solicitadas,  
1972-2000*

*Cuadro 4.2 Anexo*

*Investigación aplicada y básica en catálisis: Patentes solicitadas, 1972-2000*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

*Cuadro 4.3 Anexo*

*Trayectorias tecnológicas de la investigación básica: Patentes solicitadas, 1972-2000*

*Cuadro 4.4 Anexo*

*Trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada: Patentes solicitadas, 1972-2000*

*Cuadro 4.5 Anexo*

*Trayectoria de catalizadores IMP y Regalías por periodo (USD)*

*Cuadro 4.6 Anexo*

*Regalías de Catalizadores de Hidrodesulfuración por catalizador y periodo de éxito comercial (USD)*

*Cuadro 4.7 Anexo*

*Regalías de Catalizadores de Reformación de nafta por catalizador y periodo de éxito comercial, 1984-1998 (USD)*

*Cuadro 4.8 Anexo*

*Regalías de Catalizadores de Desintegración Catalítica (FCC) por catalizador y periodo de éxito comercial, 1988-2000 (USD)*

*Cuadro 4.9 Anexo*

*Margen de beneficio del negocio de catalizadores del IMP: Comparativo entre 1997 y 2001*

*Millones de pesos*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*Índice de cuadros, gráficos y diagramas*

**Capítulo Cinco**

***La producción de conocimiento tecnológico en el IMP, 1967-2003***

*Cuadro 5.1*

*El relato de un ex funcionario científico del IMP*

*Cuadro 5.2*

*Participación de los inventores en las patentes de catalizadores y materiales catalíticos del IMP (por fecha de solicitud)  
1972-2000*

*Diagrama 5.1*

*La red social de los principales inventores de catalizadores y materiales catalíticos del IMP, 1972-2000*

*Diagrama 5.2*

*Relaciones entre gerentes e inventores con alta productividad de patentes por segmento de investigación básica o aplicada*

*Diagrama 5.3*

*Organización de la Invención de catalizadores en el IMP*

*Diagrama 5.4*

*Innovación tecnológica de catalizadores: Organización en Empresas extranjeras y en el IMP, 2002*

*Diagrama 5.5*

*Red de invención e innovación de los catalizadores en México, 2002*

### ***Introducción General***

La eje central de esta tesis doctoral fue investigar sobre la *organización de la innovación tecnológica de catalizadores* en el Área de Catálisis del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). El objetivo era analizar la *producción de conocimiento tecnológico* en el IMP en tanto proceso básico que posibilita llevar al mercado la *innovación tecnológica*. En particular, esta investigación incluyó no sólo la perspectiva *tecnológica y económica evolutiva* necesaria para comprender la naturaleza e importancia económica del conocimiento generado. También, el análisis se hizo en diferentes niveles: *institucional, organizacional, grupo e individual*. Cada uno involucra ciertas *políticas y procesos de negociación* entre los distintos *agentes institucionales y actores organizacionales*, elementos sin los cuales es imposible consumir la *innovación tecnológica* en el ámbito del mercado.

Dentro de las ciencias sociales, la literatura al respecto se puede agrupar en dos vertientes. Por un lado, la economía evolutiva de la innovación analiza el problema desde la perspectiva técnica y económica. Por otro lado, en los estudios organizacionales existen al menos cuatro diferentes teorías o enfoques: la teoría de la construcción social de la ciencia y la tecnología; la teoría de los actores y redes; el enfoque del modo de producción de conocimiento; y el enfoque de la triple hélice.

Entre las principales conclusiones de esta investigación de tesis destacan las siguientes. Primero, que dentro del campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México, el IMP representa el inicio de una política de Estado tendiente a dotar a México con un núcleo endógeno de producción de conocimiento tecnológico. En este

*La organización de la innovación tecnológica:*  
Los catalizadores del Instituto Mexicano del Petróleo

---

contexto, las políticas productiva y tecnológica de PEMEX definen el rumbo de la investigación y los servicios que produce el IMP. Segundo, el IMP tiene por objetivo contribuir al interés público mediante la producción de conocimiento tecnológico. Sin embargo, sus actividades de servicios para PEMEX predominan sobre las de investigación y desarrollo tecnológico. Tercero, el Área de Catálisis y la tecnología de catalizadores representan las principales capacidades tecnológicas construidas en las últimas cuatro décadas dentro del sector petrolero mexicano. Su desarrollo implica una relación importante con las empresas extranjeras que surten de tecnología a PEMEX. Cuarto, en el IMP las tensiones entre grupos e individuos de la organización condujeron a rupturas del proceso de producción de conocimiento tecnológico. Asimismo, mediante políticas y negociación de los intereses entre los agentes institucionales y actores organizacionales ha sido posible consumir en el mercado procesos de innovación, con base en determinada modalidad de invención.

Este trabajo de investigación doctoral lo presento en seis capítulos.

El *Primer Capítulo* tiene por finalidad exponer una propuesta teórica y metodológica para analizar *el proceso de organización de la innovación tecnológica* en el IMP, la principal institución pública del sector petrolero mexicano. Contiene dos secciones. Primero se describe el diseño de la investigación de tesis. Segundo se exponen los diferentes enfoques de las ciencias sociales que estudian el cambio tecnológico y la innovación en las organizaciones. Por un lado, es el objeto de estudio central de la economía evolutiva de la innovación tecnológica. Por otro, también es un objeto analizado en los estudios organizacionales. Estos incluyen perspectivas como los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, modelos de producción de

*La organización de la innovación tecnológica:*  
Los catalizadores del Instituto Mexicano del Petróleo

---

conocimiento, la economía organizacional y evolutiva, así como enfoques sobre el cambio institucional y organizacional.

La intención del *Segundo Capítulo* es contextualizar la fundación institucional y la creación de capacidades de investigación por el IMP dentro del campo de la energía en México. Se agrupa en tres secciones. La inicial considera la naturaleza de la economía institucional de la industria del petróleo en tanto núcleo del sector energético mexicano. En la segunda sección se exponen los rasgos institucionales de la creación y evolución institucional del IMP y los otros institutos de su campo organizacional. La tercera examina el cambio institucional reciente en el campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico de la energía, a la luz de la política del poder ejecutivo, así como de la legislación sobre Ciencia y Tecnología.

El propósito del *Tercer Capítulo* es explicar la organización formal de la investigación en términos de su evolución histórica, así como la economía y la producción tecnológica del IMP. Se divide en tres secciones. La primera sección esclarece la naturaleza del IMP en términos de sus actividades sustantivas. La segunda explora la evolución histórica de la estructura de organización formal del IMP desde su creación hasta la actualidad. La analiza en dos periodos históricos diferenciados por el tipo de cambio organizacional introducido. La tercera sección expone evidencia sobre la composición profesional, la asignación del gasto y las trayectorias de patentes que muestran la evolución tecnológica y económica del IMP.

El *Cuarto Capítulo* condensa los principales hallazgos desde la perspectiva de la economía de la innovación. Tiene por objetivo exponer la evolución histórica del *Área de Catálisis* del IMP en términos de cómo organiza la investigación y evoluciona tecnológicamente. Tres secciones lo

*La organización de la innovación tecnológica:*  
Los catalizadores del Instituto Mexicano del Petróleo

---

conforman. Primero, se analiza el cambio de la estructura formal de organización del *Área de Catálisis* entre 1967 y 2003, incluyendo la más reciente innovación organizacional. Segundo, se detalla el proceso de la construcción, desarrollo y diversificación de las trayectorias tecnológicas de catalizadores en el IMP. Tercero, ilustra sobre la organización integral de la investigación, servicios y comercialización de catalizadores.

El *Quinto Capítulo* contiene los principales hallazgos asociados a las distintas teorías y enfoques dentro de los estudios organizacionales. La proposición central es examinar casos históricos de producción de conocimiento en el IMP donde los aspectos de carácter social y político han sido trascendentes. Se divide en dos secciones. La primera expone las tensiones entre agentes de la innovación y actores de la invención tecnológica, expresadas en políticas específicas al producir el conocimiento. La segunda caracteriza los términos actuales del modo de producción de conocimiento en diferentes niveles: Un “*modelo de invención*”, una “*estructura del proceso organizacional*” y una “*red de agentes innovadores*”.

Finalmente, en el *Sexto Capítulo* se presentan los principales hallazgos, reflexiones y recomendaciones de política que se desprenden de esta investigación de tesis. Se divide en cinco secciones. En las primeras se exponen los hallazgos y reflexiones más importantes. En la última se hacen recomendaciones de política en torno al IMP.

# *Capítulo Uno*

## *Economía, organización y conocimiento tecnológico*

---

### *Introducción*

El propósito central de este capítulo es generar una propuesta teórica y metodológica para analizar *el proceso de organización de la innovación tecnológica* en una institución pública de investigación y desarrollo de tecnología del sector petrolero mexicano. Se compone de tres secciones. La primera sección delinea los rasgos principales del diseño de la investigación de tesis. El objeto de estudio es el caso de la *organización de la innovación tecnológica de catalizadores* en el *Área de Catálisis* del IMP. En especial, se detalla el método de análisis aplicado al caso. La segunda sección presenta el enfoque evolutivo de la economía de la innovación tecnológica. La idea central es la organización de la innovación tecnológica como proceso de acumulación de capacidades mediante el desarrollo de trayectorias tecnológicas específicas. Esta dinámica se puede representar en parte, utilizando las patentes, gastos y regalías derivadas directamente de la investigación, como indicadores del cambio tecnológico en las organizaciones. La tercera sección expone como dentro de la diversidad en los estudios organizacionales se incluye a la economía organizacional y evolutiva orientada por el criterio de mercado. La pluralidad en los estudios organizacionales incluye además otras dimensiones narrativas: el concepto de producción social del conocimiento científico y tecnológico; ciertos enfoques sobre el cambio institucional y la innovación organizacional; así como la creación de conocimiento en la firma y en los grupos de trabajo por los individuos.

## ***1.1 El diseño de la investigación de tesis***

Esta primera sección del capítulo tiene como propósito esclarecer el diseño de la investigación de tesis de grado; en especial, su objetivo, metodología de análisis y justificación teórica y científica.

### ***1.1.1 La organización de la innovación tecnológica de catalizadores del IMP***

En primer plano se presenta la problemática económica e institucional en la cual se inserta el caso objeto de estudio de la presente tesis de grado. Segundo, se exponen los principales rasgos del marco conceptual elegido para estudiar esta problemática. En la tercera, se muestra un inventario de todos los elementos de evidencia empírica recopilada y sistematizada durante el proceso de investigación de campo del doctorado.

#### ***A. Problemática económica e institucional del estudio de caso***

El siguiente es el contexto económico e institucional en donde se desenvuelve el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) –en tanto estudio de caso, cuya problemática principal estriba en expandir y no contraer su capacidad para producir conocimiento tecnológico.

##### ***a) Economía, instituciones y tecnología***

La economía depende de la tecnología para transformar recursos en bienes de consumo. Sin la innovación de tecnología los procesos productivos y los bienes en el mercado se hacen obsoletos, por lo que desciende o desaparece la ganancia y con ello el estímulo a la inversión. En este sentido, el desarrollo de tecnología se asocia

a la búsqueda de ganancia a través del mercado y se encuentra en la base del proceso de crecimiento económico a partir de la inversión.

Las mayores empresas de México, Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), son las únicas organizaciones en el sector energético, que pueden producir y vender energía por encargo público institucionalizado. Esto les otorga de por sí una importante cuota de poder en su campo de actividad y en la política nacional. Sus sistemas productivos son operados y están administrados por mexicanos, pero, basados en tecnología transferida de empresas extranjeras. El grueso de la energía generada en México por estas dos empresas depende fundamentalmente del sector del petróleo –por ejemplo, combustibles del petróleo para generar electricidad. Con esto, el desarrollo del sector energético depende más del desarrollo de PEMEX. Paradójicamente, como el actual marco institucional de PEMEX es restrictivo y políticamente complejo, es por esto económicamente costoso.

La racionalidad económica derivada del criterio de mercado no siempre fue el elemento decisivo al desarrollar tecnología el IMP. Fundamentalmente, porque las políticas de los grupos de interés de PEMEX y el Gobierno Federal privaron muchas veces sobre las razones estrictamente económicas y tecnológicas. Así, las políticas afectaron el desarrollo de tecnología, que es determinante del crecimiento económico. Además, por su naturaleza, la investigación tecnológica es una actividad costosa, de largo plazo e incierta en sus resultados. Es decir, que a la problemática económica y tecnológica, deben agregarse los conflictos y tensiones derivados de la acción política y la negociación de intereses entre los distintos agentes institucionales involucrados en el caso. Un cambio del marco institucional por uno diferente tendría que derivar de cambios legislativos a partir de acuerdos entre las divergentes fuerzas políticas en México.

*b) Cambio institucional y organizacional*

Paradójicamente, y pesar de que las reformas estructurales del sector energético se encuentran canceladas por causa de la lucha política entre fuerzas institucionales, en el marco de la actual política científica y tecnológica del gobierno federal sí se han concretado una serie de cambios institucionales en el campo de la investigación y desarrollo tecnológico. La legislación contempla nuevas actividades y mecanismos de financiamiento para las organizaciones del campo público de investigación tecnológica. Esta política incluye reducir el financiamiento público a la investigación y desarrollo tecnológico. Cabe señalar que en el marco de estos cambios institucionales dentro del IMP se realizaron cambios en la estructura y procesos de organización. Esto ha tenido una serie de efectos sobre la producción de conocimiento interna, como veremos en el caso del *Área de Catálisis* y los catalizadores del IMP.

*c) Núcleo endógeno de tecnología: economía y política*

El núcleo endógeno de tecnología asociado a Petróleos Mexicanos (PEMEX) y la Comisión Federal de Electricidad (CFE), se encuentra localizado en los institutos públicos de investigación del sector del petróleo y la electricidad (el IMP y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, IIE). Dichas empresas ejercen un poder monopsónico sobre estos institutos. Controlan mediante determinadas políticas, tanto el flujo de gasto en investigación y desarrollo tecnológico, como el pago de ciertos servicios tecnológicos –los cuales constituyen la parte medular de los ingresos de este tipo de instituciones de investigación. El IMP es la más importante institución pública de investigación tecnológica del Estado mexicano. Tecnológicamente, el IMP es la organización con más patentes registradas en

México, por lo que es líder en el desarrollo tecnológico doméstico. Pertenece a un sector industrial estratégico en el crecimiento económico, tanto por los recursos energéticos que aporta, como por los recursos financieros y fiscales generados a partir de su producción, exportación y fiscalización.

En este contexto económico e institucional, el problema de la tecnología en México es que su fuente endógena de producción de conocimiento es marginal. En efecto, el grueso de la tecnología con la que produce la industria en México es propiedad de las empresas extranjeras, las cuales la transfieren a las empresas mexicanas y subsidiarias residentes en México. El proceso de transferencia es costoso y la tecnología transferida no cubre plenamente con las características económicas y culturales del mercado mexicano. Tecnológicamente, las transferencias del extranjero a México tampoco generan procesos significativos de aprendizaje dentro del ámbito doméstico que afecten positivamente la producción de conocimiento.

### ***B. El marco conceptual***

¿Cómo se pueden relacionar los elementos de la *Economía Evolutiva y la Innovación* con los de tipo *Institucional, Organizacional y Social*? A través de una crítica a la economía de la innovación desde los Estudios Organizacionales.

La *Economía de la innovación* explica los procesos en función de la gobernabilidad dada por la institución del mercado –la tasa de ganancia basada en inversiones productivas y tecnológicas. Gobierna la racionalidad del mercado sobre la organización y sus inversiones tecnológicas. El capítulo cuatro fue construido a partir de la metodología de la *Teoría de la Economía Evolutiva y la Innovación*. Veremos como en el *Área de Catálisis* se aplica esta propuesta de análisis, aunque,

en esto hay un factor a considerar. Si bien el IMP busca ajustarse a esta racionalidad del mercado, sucede solo por momentos y en casos específicos. Más bien, el gran mecanismo de gobierno que influye sobre las decisiones en el IMP como organización productora de conocimiento son las instituciones y organizaciones del gobierno federal así como las políticas de sus agentes institucionales involucrados en el campo de la energía y en el IMP. Gobierna de esta manera la racionalidad de las instituciones y las políticas sobre la organización y sus inversiones tecnológicas.

Por lo mismo, el análisis que de lo anterior se deriva toma base en las *Teorías y Enfoques Institucionales y Neo Institucionales*, así como los *Enfoques sobre la Innovación Organizacional* en las empresas de la sociedad actual. El neo institucionalismo es una interpretación del cambio institucional como proceso de innovación organizacional en un campo determinado. Este ha sido el caso de la relación institucional y la adopción de una política tecnológica implícita entre PEMEX Refinación y el Área de Catálisis del IMP en la última década. Este vínculo se irá delimitando a lo largo del escrito, señalándose la importancia de la estrecha relación entre actores específicos de la organización productora del conocimiento y los agentes de la organización usuaria de la tecnología, relación que es necesaria para el éxito de la innovación tecnológica.

Asimismo, nos referiremos a los *Estudios Sociales sobre Ciencia y Tecnología*, entre los que destacan algunas visiones sobre organizaciones en redes con conflictos y tensiones a las que se sobreponen mediante la negociación y la política entre los actores o agentes involucrados. Del mismo modo enfocaremos también el análisis en el *Modo de Producción de Conocimiento*, que destaca el tema del cambio, o sea de un modo de organización a otro. Como el enfoque de la *Organización Creadora de Conocimiento Innovador*, en el cual se propone una

interpretación inter organizacional e intra organizacional del proceso de crear conocimiento (tácito y explícito). Esto lo podremos corroborar en el capítulo Cinco, al abordar la dinámica de los grupos y los individuos en el seno del proceso de producción del conocimiento tecnológico, en especial bajo una determinada modalidad que se conecta con PEMEX y con el entorno global de las empresas multinacionales.

Por todo lo anterior, la presente tesis afirma que si bien existió un impacto tecnológico en el mercado de los catalizadores desarrollados por el Área de Catálisis del IMP debido a su calidad técnica, la fuerza impulsora de la relación tecnológica provino –no tanto de la competitividad absoluta de la tecnología IMP, sino más de la relación institucional y las políticas adoptadas dentro del *Área de Catálisis* por las agentes institucionales involucrados. Tal como se puede observar, de la argumentación anterior se desprende que en el desarrollo de tecnología dentro de las organizaciones especializadas intervienen, por un lado, factores científicos, tecnológicos y económicos. Sin embargo, por otro lado, el conocimiento tecnológico o científico y las prácticas económicas pueden generar conflictos y tensiones entre los actores, lo cual podría interrumpir el proceso de producción de conocimiento.

En este sentido, un papel de las instituciones es poner el marco de una solución negociada de los intereses en conflicto. Es decir, permite a los actores organizacionales y los agentes institucionales involucrados implementar políticas y negociaciones en determinado contexto de aplicación del conocimiento tecnológico producido. Si bien el éxito de la innovación tecnológica se determina finalmente por la eficiencia técnica que alcanza dentro de un sistema productivo, en su proceso de desarrollo intervienen también otros elementos que provienen del gobierno de ciertas instituciones en el campo organizacional y de la acción dentro de las

organizaciones asociadas a un determinado modo de producir el conocimiento. En concreto, significa preguntarse sobre el modo en que se ha organizado el desarrollo interno de capacidades del IMP para producir conocimiento tecnológico.

### ***C. Fuentes de conocimiento de la evidencia empírica***

#### *a) Evidencia empírica y construcción de indicadores*

En esta investigación de tesis se utilizaron dos clases de fuentes de conocimiento para generar la evidencia empírica: la tácita y la explícita. Además, el tipo de evidencia generada de dichas fuentes tuvo un carácter cuantitativo y/o cualitativo<sup>1</sup>.

La observación y la participación en un grupo de investigación<sup>2</sup> son fuentes invaluable de conocimiento por su naturaleza tácita. La observación permite al investigador la inmersión dentro del espacio tiempo en el cual se constituye y desenvuelve concretamente el objeto de estudio en tanto fenómeno de la realidad humana. A su vez, la participación en un grupo de investigación permite ir discutiendo en las reuniones, diferentes facetas analizadas por cada investigador acerca del objeto de estudio. Asimismo, las asesorías por parte de diferentes investigadores, así como del asesor y los lectores institucionales de la UAM Iztapalapa, la UAM Xochimilco y el IMP, constituyeron un aporte invaluable al tener que decidir sobre teorías, conceptos, evidencias, indicadores, métodos, modelos, etc.

Con referencia a las fuentes tácitas, la entrevista con los actores de la organización es una fuente de conocimiento importante porque el entrevistado

---

<sup>1</sup> Ver Cuadro 1.1.

<sup>2</sup> Proyecto FIES 98-V-66 (2000-2004), coordinado por J. Aboites A. Conformado por P. Pérez R., T. Beltrán O., J. M. Domínguez E. y M. Soria L.

comunica su experiencia y saber tácito sobre la organización, sus actividades e integrantes al investigador. Obviamente, el límite de esta fuente de conocimiento está en que sólo se obtienen determinadas visiones de ciertas personas. Por otra parte, tampoco es posible entrevistar a todos, por lo que constituye solo una muestra, que aquí se considera representativa de la parte de la organización analizada –el Área de Catálisis del IMP. Las entrevistas se hicieron a gerentes, investigadores básicos y aplicados e ingenieros en servicios tecnológicos del Área de Catálisis.<sup>3</sup>

Entre las fuentes explícitas, las patentes juegan un papel destacada a lo largo de la exposición en los siguientes cuatro capítulos de la tesis. Cabe subrayar que estas se utilizaron tanto en forma convencional, pues, se generaron indicadores del cambio tecnológico de las estadísticas de patentes.<sup>4</sup> Como en forma no convencional, para dibujar la red social de inventores.<sup>5</sup>

Los documentos consultados refieren a diferentes tipos. Están por ejemplo los documentos internos de los departamentos o áreas o subdirecciones o gerencias o dirección, etc. que se generan para evaluar y decidir acerca de diferentes aspectos de la organización del IMP o del *Área de Catálisis* o sobre la investigación y desarrollo tecnológico. Otros son los documentos elaborados por empresas consultoras acerca del IMP y su organización o referentes al mercado global de catalizadores. También están las ediciones de libros de aniversario en las que comúnmente se exponen resultados generales.<sup>6</sup> Asimismo, otro tipo de documentos son los Informes de Labores del IMP y el Informe del Director, que muestran la faceta política e institucional de la organización en su desempeño y resultados. Finalmente, entre estos se incluye a la Gaceta del IMP de circulación interna, en la

---

<sup>3</sup> Se encuentran todas grabadas y transcritas en su mayoría.

<sup>4</sup> Capítulos 2, 3 y 4.

<sup>5</sup> Capítulo 5.

<sup>6</sup> Por cierto, en todas estas el *Área de Catálisis* siempre tiene un lugar importante.

cual se da pormenor de las actividades de investigación del IMP. Todos estos documentos fueron fuentes cualitativas de conocimiento explícito y algunas de ellas incluyen elementos cuantitativos.

Las estadísticas utilizadas para generar otros indicadores o evidencia empírica utilizada, refieren a: gasto en investigación y desarrollo tecnológico; gasto y personal empleado; ventas, regalías y producción. Cuatro tipos de indicadores para los diferentes niveles del análisis fueron construidos a partir de las fuentes explícitas de conocimiento.<sup>7</sup>

En primer lugar se generaron estadísticas de patentes que indicaran determinados aspectos sobre el cambio tecnológico en cuatro niveles: interorganizacional, organización, grupo e individuo. Se presenta evidencia sobre la posición del IMP frente a las empresas extranjeras en México y frente a las organizaciones mexicanas en México,<sup>8</sup> las trayectorias tecnológicas del IMP,<sup>9</sup> las trayectorias tecnológicas del Área de Catálisis en términos de la investigación básica e investigación aplicada,<sup>10</sup> así como de los inventores que constituyen el núcleo de alta productividad inventiva y la idea de la red social de inventores.<sup>11</sup> En segundo lugar se generaron diferentes indicadores de gasto. Al nivel interorganizacional se generaron indicadores a partir de las estadísticas del CONACYT sobre el gasto federal en ciencia y tecnología, así como el gasto en investigación y desarrollo experimental. Además, al nivel de la organización, se presenta la evolución y la distribución actual del gasto del IMP por tipo de actividad institucional. En tercer lugar, al nivel interorganizacional se generaron indicadores acerca del mercado mundial de catalizadores en términos de la oferta

---

<sup>7</sup> Ver Cuadro 1.2.

<sup>8</sup> Ver Capítulo 2.

<sup>9</sup> Ver Capítulo 3.

<sup>10</sup> Ver Capítulo 4.

<sup>11</sup> Ver Capítulo 5.

de catalizadores con diferenciación de productos vía marca. Al nivel organizacional se generaron indicadores acerca del desempeño económico del Área de Catálisis del IMP en el mercado mexicano de catalizadores. Finalmente, en cuarto lugar, se generaron indicadores del nivel organizacional acerca de la evolución del empleo por actividad institucional.

*b) Otras investigaciones de posgrado sobre el IMP y/o el Área de Catálisis*

En el último lustro, se han realizado diversos estudios de caso que abordan diferentes aspectos con relación al Área de Catálisis y las patentes del IMP, principalmente desde la perspectiva de la economía de la innovación.

La primera de esta serie de investigaciones de posgrado sobre el IMP se enfocó a trabajar la hipótesis de la imitación tecnológica de catalizadores por el IMP, analizando su historia tecnológica mediante patentes.<sup>12</sup> Un segundo trabajo se centró principalmente en la vinculación existente entre el Instituto y la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, mediante la estructuración de una comunidad científica sobre catálisis.<sup>13</sup> La tercera investigación es sobre el problema del impacto ambiental de los combustibles del petróleo. Este tema se aborda mediante el estudio del impacto ambiental en la trayectoria tecnológica del área de Catálisis del IMP. Incluye el uso de patentes como indicador del cambio tecnológico.<sup>14</sup> En cuarto lugar, se encuentra una investigación realizada sobre las patentes de la trayectoria tecnológica de la desintegración catalítica. El objetivo de este trabajo fue determinar la trayectoria innovativa y los principales avances tecnológicos en procesos FCC de la industria de la refinación, a partir del análisis de patentes en el USPTO. Es un estudio acerca del papel de la inteligencia

---

<sup>12</sup> Ver Cruz (1997).

<sup>13</sup> Ver Gil (1999).

<sup>14</sup> Ver De Fuentes (2000).

tecnológica utilizando patentes para monitorear el cambio tecnológico en el sector, con relación a la competencia.<sup>15</sup> Asimismo, un quinto trabajo de investigación abordó el tema de las estrategias de patentes de catalizadores que implementa el IMP.<sup>16</sup> Con respecto a la catálisis –la sexta de estas investigaciones de posgrado, examina la gestión institucional y organizacional de la innovación tecnológica de catalizadores dentro del Área de Catálisis del IMP. Incluye el uso de patentes como indicador del cambio tecnológico.<sup>17</sup> Ahora bien, a nivel del IMP en general destacan dos investigaciones que no incluyen el uso de patentes como indicador del cambio tecnológico y que no abordan el Área de Catálisis en especial. La más reciente de estas investigaciones de posgrado sobre el IMP toma como objeto de estudio la actividad de cuatro equipos de trabajo, analiza su efectividad para compartir conocimiento.<sup>18</sup> Finalmente, el segundo de estos trabajos aborda el tema de estrategia tecnológica y el cambio organizacional y presenta como resultado una propuesta para el desarrollo futuro del Instituto.<sup>19</sup>

---

<sup>15</sup> Ver Rodríguez (2001).

<sup>16</sup> Ver Zarza (2003).

<sup>17</sup> Ver Figueroa (2003).

<sup>18</sup> Ver Craita (2002).

<sup>19</sup> Ver Moreno (2001).

### **1.1.2 Método de análisis del caso**

#### **A. Objetivo del estudio**

El objetivo de estudio de caso es realizar una investigación sobre “*La organización de la innovación tecnológica de los catalizadores para refinar combustibles del petróleo*”, en tanto capacidad tecnológica doméstica desarrollada en la industria del petróleo inmersa en la economía mexicana de las últimas tres décadas por el Área de Catálisis del Instituto Mexicano del Petróleo en asociación con empresas extranjeras. La problemática central de esta investigación de tesis –*la innovación tecnológica de catalizadores del IMP-*, gira en torno a la producción de tecnología como proceso económico, técnico y social organizado a partir de un *modo* particular de producir el conocimiento.

Conceptualmente, es en este contexto donde se desenvuelve la actividad del IMP, cuya misión principal es producir conocimiento tecnológico para su aplicación en la industria del petróleo. Sin embargo, en la realidad, el proceso de producir conocimiento tecnológico es complicado tanto técnica y económicamente, como institucional y organizacionalmente, por lo que da frutos sólo en el largo plazo y bajo una dinámica de tensiones y conflictos, de negociación y acuerdos, tanto de aspectos técnicos como económicos, de manera interna como externa a la organización.

#### **B. Modelo de análisis**

Existen dos elementos que constituyen, hasta cierto punto, un común denominador que le da un espacio a la economía evolutiva y de la innovación dentro de los Estudios Organizacionales, en el ámbito de los enfoques y teorías de la economía organizacional. Consiste en que refieren a la organización y al

conocimiento como las unidades de análisis relevante. Para la economía evolutiva y de la innovación el problema de la teoría neoclásica de la economía es la ausencia de un concepto real de organización y tecnología. El concepto de firma que incorpora la economía evolutiva es producto del aprendizaje y la aplicación industrial del conocimiento producido es la fuente de la ganancia. Este proceso se gestiona y produce en buena parte a nivel intra organizacional, aunque se realiza, en lo económico, a nivel inter organizacional. En este modelo de análisis pareciera que sólo los elementos tecnológicos y económicos fueran los únicos determinantes del comportamiento de las organizaciones orientadas al mercado. Sin embargo, esto no es así. Existen determinantes institucionales, organizacionales y sociales que también deben considerarse en la producción de conocimiento tecnológico y su aplicación en la economía.

*a) Modos de producción de conocimiento*

Sobre el tema se retoma la idea de los grandes cambios ocurridos en la forma en que se produce el conocimiento, tanto en la ciencia y la tecnología como en las ciencias sociales y las humanidades.<sup>20</sup> El principio organizativo de la producción de conocimiento tiene ahora nuevas características sociales al emerger una “nueva forma de producir conocimiento”, junto a la antigua, tradicional y familiar: Afecta tanto *qué conocimiento se produce y cómo se produce*; El *contexto* en que se produce; La forma en que se *organiza*; El sistema de *incentivos* que utiliza; y, los mecanismos que controlan la *calidad* de lo que se produce. Precisamente para comprender más y profundizar el análisis de lo que implica cambiar el modo de conocimiento se propone que éste aborde al menos cuatro niveles

---

<sup>20</sup> Ver Gibbons et al. (1997).

interrelacionados. Son los niveles sociales del análisis del proceso de producción del conocimiento tecnológico: institucional, organizacional, grupal e individual.

*b) Los diferentes niveles de análisis del estudio de caso*

Para definir el concepto de modo de producción de conocimiento tecnológico, no solo es necesario definir el cambio en ciertos elementos económicos y tecnológicos, sino también, otros, que corresponden a determinados niveles de la organización social.<sup>21</sup> La *Teoría de la Creación del Conocimiento Organizacional* establece que son varias las dimensiones en las que interactúa una organización cuando produce conocimiento: interorganizacional, organizacional, grupal e individual. En efecto, la competencia del mercado implica la relación interorganizacional, por lo mismo, la parte principal en la producción de conocimiento corresponde al nivel intraorganizacional, es decir, a la organización, al grupo y al individuo.

Los *Estudios Organizacionales* han mostrado que existen diferentes aproximaciones metodológicas a las realidades organizacionales. En este caso hemos recurrido a una definición de la organización como sistema de coordinación enfocado al aprendizaje y la innovación, que eventualmente es cambiado en términos de sus estructuras formales tanto por razones institucionales como por las económicas en el mercado. Al nivel organización nos centraremos en el enfoque de la innovación organizacional dentro de la teoría de la producción de conocimiento. Este reconocimiento nos lleva a la idea del cambio en las instituciones y las organizaciones. Asimismo, a nivel intra organizacional también se analizará la innovación tecnológica como fenómeno grupal e individual. En este sentido, la sociología de la ciencia y la tecnología ha demostrado como la producción de

---

<sup>21</sup> Ver Diagrama 1.1.

tecnología implica la negociación y la política a partir de los intereses de los actores organizacionales y agentes institucionales directamente involucrados en la producción de conocimiento. Así, este planteamiento se acerca al del modo de producción del conocimiento cuyo concepto define la dinámica entre los diferentes niveles de la organización social.

### ***B. Tesis central de la investigación***

#### *a) Pregunta de la investigación*

Partiendo de que el objetivo institucional del IMP es producir conocimiento tecnológico de aplicación industrial, y suponiendo que estas actividades forman parte importante de las capacidades tecnológicas domésticas de la economía de México, se plantea la siguiente pregunta.<sup>22</sup> ¿Cómo se organiza el proceso de producción de conocimiento tecnológico en el Instituto Mexicano del Petróleo desde la perspectiva de los diferentes niveles del cambio involucrados –esto es, institucional, organizacional, grupal e individual–, y cuál es su contribución como organización pública a la formación de capacidades tecnológicas domésticas?

#### *b) Argumento central de la tesis*

El objetivo de esta investigación de tesis de grado es analizar la *producción de conocimiento tecnológico* en el Instituto Mexicano del Petróleo en tanto proceso básico que posibilita llevar al mercado una *innovación tecnológica* dada. En especial, esta investigación incluye no solo la perspectiva *tecnológica y económica evolutiva* necesaria para comprender la naturaleza e importancia económica del conocimiento generado. También indaga y muestra cómo su realización tiene un

---

<sup>22</sup> Ver Diagrama 1.1.

detonante social que depende del acontecer en diferentes ámbitos del cambio: *institucional, organizacional, grupal e individual*.<sup>23</sup> Cada uno involucra ciertas *políticas y procesos de negociación* entre los distintos *agentes institucionales y actores organizacionales*, elementos sin los cuales es imposible consumir la *innovación tecnológica* en el ámbito del mercado.

### **C. Justificación del estudio**

#### *a) Relevancia*

Es relevante que las ciencias económicas y sociales en México produzcan conocimiento sobre las *capacidades tecnológicas* que se han desarrollado en la economía de México. Tanto desde la perspectiva de analizar los *alcances* y la *contribución* de la *tecnología doméstica* al desarrollo de la *producción industrial*, como desde la perspectiva de los *límites, obstáculos o pérdidas* en el desarrollo de capacidades tecnológicas endógenas. Del mismo modo, es relevante saber como premisa para decidir. En este sentido, este nuevo conocimiento puede ser retomado y analizado al elaborar *políticas públicas* sobre ciencia y tecnología. Porque contribuye a tender *puentes de conocimiento* para que las *disciplinas sociales* puedan analizar a las *disciplinas “duras”* de las ciencias exactas y básicas, que están en el sustrato de las tecnologías, cuya aplicación tiene un indudable efecto económico y cultural en la Sociedad.

#### *b) Pertinencia*

A la *Teoría de la Economía de la Innovación* le plantea una serie de contribuciones teóricas desde los estudios organizacionales para entender mejor y

---

<sup>23</sup> Ver Diagrama 1.1.

más integralmente la dinámica real de la innovación tecnológica, más allá de los contextos de la gobernabilidad del mercado. En especial, la perspectiva de los diferentes niveles a considerar; los procesos de producción de conocimiento; el proceso de cambio institucional y organizacional; así como, el factor social y político en el desarrollo de tecnología. A los *Estudios Organizacionales* les plantea una profundización de la vertiente de la economía organizacional, utilizando teorías y enfoques diferentes para estudiar los diversos niveles de análisis de un estudio de caso organizacional concreto. En especial, contribuye haber construido un modelo de análisis organizacional de los procesos de producción de tecnología en la economía utilizando a los estudios organizacionales como una caja de herramientas.

## ***1.2 Economía de la innovación tecnológica***

El propósito de esta sección es exponer los conceptos centrales sobre la organización económica de la innovación tecnológica contemplados por el enfoque de la economía evolutiva. Contiene cuatro apartados. El primero aborda la economía evolutiva desde la perspectiva de la organización de la innovación tecnológica. El segundo resume los principales rasgos de los conceptos de capacidades, paradigma y trayectorias tecnológicas. El tercero define el concepto de patente, así como los diferentes niveles en que se puede utilizar como indicador relevante en esta investigación. Al final se presentan las principales reflexiones.

### ***1.2.1 Economía evolutiva, organización e innovación tecnológica***

La Teoría Evolutiva del Cambio Económico,<sup>24</sup> argumenta que el cambio y crecimiento económicos dependen fundamentalmente, del cambio económico a nivel organizacional. La relación central que estudia y explica, es entonces, el proceso dinámico mediante el cual los patrones de comportamiento organizacional y los resultados en el mercado se determinan conjuntamente a lo largo del tiempo. Es decir, supone la gobernabilidad del mercado sobre las organizaciones económicas. Estos cambios están guiados por dos procesos críticos. La *selección de mercado* basada en la ganancia, que es la diferencia entre el costo de los insumos comprados y el precio de los productos vendidos en el mercado. Su nivel delimita qué firmas viven, cuáles sobreviven y las que desaparecen. La *búsqueda de innovaciones* mediante inversiones en Investigación y Desarrollo tecnológico. Desde una innovación menor e incremental hasta una mayor o radical. Corresponde

---

<sup>24</sup> Ver Nelson y Winter (1982).

al concepto de “mutación genética” en la teoría evolutiva de las especies biológicas.<sup>25</sup>

La perspectiva evolucionista de cambio tecnológico en la economía afirma que las organizaciones industriales son las depositarias fundamentales de las capacidades tecnológicas de una economía dada. Las tecnologías siguen trayectorias y se basan en paradigmas científico-técnicos. La innovación se concibe a partir de Schumpeter: es una invención exitosa en el mercado que la empresa puede producir con eficacia.<sup>26</sup> Desde la perspectiva organizacional, la teoría evolutiva replanteó la concepción del cambio en la economía al replantearse la concepción de la “firma” en tanto organización. En la teoría económica neoclásica u ortodoxa la firma es una organización perfecta de comportamiento racional, con infinitas oportunidades tecnológicas y de mercado. En su proceso de maximización de beneficios tiende al óptimo. Además, siempre encuentra el equilibrio general.<sup>27</sup>

La teoría evolutiva, en primer término, define a la firma como una organización sujeta a una lógica de “racionalidad limitada”.<sup>28</sup> En segundo término, la firma es preferentemente, una organización que produce bienes y servicios para el mercado. No busca maximizar, optimizando, pero sí obtener siempre una ganancia y crecer. En tercero, la firma es una organización estructurada a partir de rutinas, ejecutadas por los miembros organizacionales mediante el ejercicio productivo de sus habilidades específicas en el trabajo. El conocimiento es la fuente del poder competitivo de la organización, reside en la ejecución/innovación de las rutinas y en las habilidades de los miembros. Ellos son los portadores del conocimiento tácito –característico de la toma de decisiones en la realización de tareas técnicas rutinarias. El ejercicio del conocimiento tácito es la memoria viva de

---

<sup>25</sup> Ver Nelson y Winter (1982).

<sup>26</sup> Ver Dosi et al. (1993); Nelson y Winter (1982).

<sup>27</sup> Ver Schooter (1996); Koutsoyiannis (1977).

<sup>28</sup> Ver March y Simon, (1958); Simon, (1947).

la organización.<sup>29</sup> En cuarto, se enfatiza que el proceso de evolución basado en la selección del mercado es una perspectiva dentro de la “genética organizacional”. En efecto, es un proceso hereditario de conocimientos y habilidades de una generación de miembros organizacionales a otra. Finalmente, en quinto término, se conciben las regularidades encontradas en este proceso no como solución a problemas estáticos, sino en tanto resultado de procesos dinámicos.

Un ejemplo que retoma en esencia lo anterior es el enfoque de las capacidades dinámicas.<sup>30</sup> En efecto, se constituye como un modelo organizacional desarrollado en el marco de la teoría evolutiva de la economía.<sup>31</sup> y en sus raíces, muy cercano al modelo planteado originalmente por la teoría schumpetereana. Además, se caracteriza por utilizar conceptos e ideas provenientes de los modelos de la gestión estratégica en las organizaciones. El enfoque de las capacidades dinámicas es una aproximación teórica que enfatiza el desarrollo de capacidades gerenciales para lograr combinaciones de habilidades organizacionales, funcionales y tecnológicas difíciles de imitar. Establece tres dimensiones en la organización y sus capacidades dinámicas de innovación: posición en el mercado, senderos tecnológicos y procesos de organización. Este enfoque de las capacidades dinámicas explora las nuevas fuentes de la ventaja competitiva. La hipótesis central afirma que en un entorno de acelerado cambio tecnológico la creación de riqueza por firmas privadas depende del asentamiento y pulimentación de sus procesos tecnológicos y gerenciales internos. Es preferible identificar oportunidades y aprovecharlas efectivamente, antes que enfrentarse con los competidores o tratar de excluir a nuevos participantes en el mercado, mediante estrategias ofensivas.

---

<sup>29</sup> Ver Polanyi (1962); Nelson y Winter (1982); Senker (1995); Nonaka y Takeuchi (1995).

<sup>30</sup> Ver Teece, Shuen y Pizano (1997).

<sup>31</sup> Ver Nelson y Winter (1982).

El segundo ejemplo de modelo organizacional en sentido evolutivo, es el enfoque de Gestión de la Innovación y el Conocimiento.<sup>32</sup> Es un modelo compatible con la hipótesis de la Teoría Evolutiva sobre la profesionalización de la investigación y desarrollo tecnológico por la organización.<sup>33</sup> Gestionar tecnología se inscribe en la gestión de la innovación, que significa en esencia la gestión de conocimiento. En efecto, este enfoque analiza como se da el proceso de la integración del cambio a la organización en el nivel tecnológico, organizacional y de mercado. Se trata de aprender a encontrar la solución más apropiada para el problema de manejar constantemente la innovación. Hacerlo en forma más adecuada para la organización en términos de sus circunstancias. No existe una mejor manera de gestionar el proceso. Más bien, existen relaciones entre las estructuras, procesos y culturas de la organización. Ciertas oportunidades de innovación tecnológica se dan en un ambiente de mercado competitivo. En su planteamiento general, entonces, la organización se adapta, mediante la innovación, a los cambios del entorno. Se concibe a la innovación como un proceso de interacción entre la organización, el mercado y la tecnología. El aprendizaje y la adaptación son los procesos claves para la innovación. Ésta se encuentra ligada a ciertos procesos genéricos y rutinas de la empresa: basadas en estrategia; ligas internas y externas; mecanismos para hacer innovación; contexto organizacional de apoyo. Esto implica la gestión de procesos de aprendizaje hacia rutinas más efectivas. Las rutinas son patrones aprendidos de comportamiento que se incorporan a las estructuras y los procesos a lo largo del tiempo.

---

<sup>32</sup> Ver Besant, Pavitt y Tidd (1997). La mayoría de los estudios de la gestión de tecnología parten de la experiencia de la gran empresa transnacional, siguiendo así el sentido marcado por la teoría evolutiva. Dentro de estas grandes organizaciones modernas la función tecnológica es ejercida mediante una estructura especializada dedicada a generar procesos y productos tecnológicos vía investigación y desarrollo.

<sup>33</sup> Ver Freeman (1974); Enos (1962).

### ***1.2.2. Acumulación de capacidades, paradigmas y trayectorias tecnológicas***

Una “capacidad tecnológica” se construye y desarrolla con recursos especializados acumulados y ordenados según un proceso de inversión planeado. Son capacidades domésticas que generan y gestionan el cambio de tecnologías para producir determinados bienes y servicios en la economía. Las firmas construyen las capacidades tecnológicas a través de procesos de aprendizaje organizados.<sup>34</sup> El proceso de construcción de capacidades tecnológicas nacionales,<sup>35</sup> discurre en tres niveles de desarrollo del conocimiento tecnológico, que evoluciona de lo simple a lo complejo: a) El conocimiento esencial, que se constituye a su vez de tres estadios de desarrollo: Operación, Innovación básica; e Innovación intermedia. b) La transición, que es el proceso que desarrolla innovaciones avanzadas. c) El nivel de capacidades estratégicas refiere a empresas que se distinguen por y compiten sobre la base del conocimiento tecnológico y organizacional.

Dos conceptos permiten definir la naturaleza tecnológica de la innovación.<sup>36</sup> Los paradigmas tecnológicos son un modelo general de investigación y patrón de solución de un problema tecnológico seleccionado; basado en principios selectos; derivados de las ciencias naturales, acerca de una tecnología material específica. La trayectoria tecnológica es el patrón de solución normal de un problema tecnológico concreto, utilizando los principios marcados por el paradigma tecnológico. Se miden por los cambios fundamentales de las características técnicas y económicas de productos y/o procesos de producción.<sup>37</sup>

La teoría sobre la economía de la innovación define al conocimiento como un fruto de procesos de aprendizaje de los individuos en tanto miembros de

---

<sup>34</sup> Ver Westpahl, Kim y Dahlman (1985); Bell y Pavitt (1995); Dutrénit (2000).

<sup>35</sup> Ver Dutrénit (2000).

<sup>36</sup> Ver Dosi (1984).

<sup>37</sup> En este caso catalizadores, procesos catalíticos de refinación y petroquímica, combustibles y petroquímicos.

organizaciones.<sup>38</sup> En este contexto, la tecnología se delimita como un conjunto de piezas de conocimiento.<sup>39</sup> Éstas son de diversos tipos:

- a) *Práctico y universal*, ya que es directamente aplicable a problemas tecnológicos mediante mecanismos concretos; *Teórico y específico*, ya que se refiere a ideas o inventos eventualmente aplicables en la práctica.
- b) *Explícito y articulado*, pues es codificado o registrado en métodos, procedimientos, experiencias de fracasos y éxitos sobre el saber como hacer; *Tácito*, pues está desincorporado como tecnología en el saber de expertos, sus experiencias y soluciones tecnológicas pasadas, junto con el conocimiento y logros acumulados en tanto estado del arte dentro de las organizaciones, industrias o sectores.
- c) *Incorporado* como tecnología en maquinaria y equipo.
- d) *Público*, referente a publicaciones, patentes, seminarios, exposiciones, etc.; *Privado*, referente a propiedad intelectual, secretos industriales, conocimiento tácito, etc.

La naturaleza de las actividades de innovación refiere a los procesos que constituyen y la dirección que toma el cambio tecnológico en una economía. Dos conceptos permiten definir la naturaleza tecnológica de la innovación: paradigmas y trayectorias. Así como existen paradigmas científicos, también, existen *paradigmas tecnológicos*. Son un modelo general de investigación o *patrón de solución* cuya identificación implica un determinado problema tecnológico seleccionado sobre la tarea general a la cual se aplica; basado en principios selectos en la tecnología material elegida; derivados de las ciencias naturales en las propiedades físico químicas explotadas, acerca de una tecnología material

---

<sup>38</sup> Ver Nelson y Winter (1982).

<sup>39</sup> Ver Dosi (1984, 1988).

específica referente a la dimensión e intercambios tecno-económicos en los cuales se enfoca. Entonces, la noción de paradigma refiere a tres aspectos cruciales:<sup>40</sup>

- i) A cualquier descripción satisfactoria sobre “lo que es la tecnología”; cómo cambia y en qué formas específicas se representa o en qué actividad particular se basa; a la *forma de solucionar problemas*, particularmente, las formas tácitas de conocimiento en procesos individuales y de la organización.
- ii) Contempla la heurística –inventiva– y visión de “saber como hacer las cosas”; y cómo mejorarlas; e implica un marco cognoscitivo compartido con el colectivo de ingenieros, empresas, sociedades técnicas, etc.
- iii) Define un modelo básico de productos y sistemas de producción progresivamente modificados y mejorados; donde el progreso técnico muestra *patrones y regularidades* como resultado de las características de estos productos.

Los paradigmas tecnológicos definen “clusters” de *trayectorias tecnológicas* de progreso.<sup>41</sup> Con relación al proceso y dirección del cambio tecnológico, el paradigma tecnológico se asocia a los cambios exógenos, pues, nuevos elementos provienen de los descubrimientos científicos que se originan fuera de las organizaciones industriales. A su vez, la trayectoria tecnológica se relaciona a los cambios endógenos. Depende de la forma en la cual una organización aplica y desarrolla determinado paradigma tecnológico en términos de su trayectoria concreta de solución.

La *trayectoria tecnológica* es, por tanto, el patrón de solución normal de un problema tecnológico concreto, basado en un paradigma tecnológico dado. Refiere

---

<sup>40</sup> Ver Dosi, (1984, 1988); Cimoli y Dosi, (1995); Cimoli y Dosi (1994).

<sup>41</sup> Ver Dosi (1982, 1984).

al desarrollo progresivo de las *oportunidades de innovación relacionadas con cada paradigma*. Tres son las ideas básicas en torno a las trayectorias tecnológicas. Cada cuerpo particular de conocimiento, cada paradigma, da forma y constriñe el ritmo y la dirección del cambio tecnológico, independientemente de los incentivos de mercado. Como consecuencia, se observan regularidades en el patrón de cambio tecnológico dentro de determinadas condiciones de mercado. Así, el cambio tecnológico es dirigido, en parte, por intentos repetidos para manejar los desequilibrios tecnológicos que éste mismo crea. Las trayectorias tecnológicas se miden con base en los cambios de las características técnicas y económicas fundamentales de los productos<sup>42</sup> y del proceso de producción.<sup>43</sup>

A partir de las nociones de paradigma y trayectorias tecnológicas, se plantea un modelo o *patrón tecnológico de solución* surgido dentro del sistema de innovación y orientado a resolver determinados problemas de índole tecnológica en el sistema de producción industrial.<sup>44</sup> Así, el concepto de paradigma contiene elementos de las teorías de la innovación y la producción. En este sentido, el *patrón tecnológico de solución* demarca la evolución tecnológica de las estructuras industriales como formas específicas de acceso a las oportunidades innovadoras y a los mecanismos de selección de mercados. El patrón consiste en como un conocimiento tecnológico se aplica y replica en la industria para transformar la naturaleza en mercancías específicas. Estas transformaciones tecnológicas conllevan efectos económicos e industriales, pero también ambientales y sociales. La implicación de lo social estriba en como, si bien la tecnología evoluciona por

---

<sup>42</sup> Por ejemplo, los catalizadores en el caso de la petroquímica; por ejemplo, los procesos catalíticos para la refinación petroquímica.

<sup>43</sup> Ver Dosi (1984); Cimoli y Dosi (1995); Cimoli y Dosi (1994).

<sup>44</sup> En cualquier momento se encuentra que una o unas cuantas técnicas dominan a las otras porque son mejores, independientemente de los precios relativos. Los distintos agentes se caracterizan por adoptar técnicas persistentemente diferentes (mejores y peores).

criterios técnicos y científicos, las oportunidades tecnológicas se construyen socialmente. La selección de mercado a pesar de que puede llegar a ser económica, podría no ser aceptable socialmente. Aunque tuviera que ser tolerada una situación tecnológica dada. En este sentido, las *instituciones* están orientadas a regular los intereses sociales y privados.

### ***1.2.3 Las patentes como registros institucionales e indicadores del cambio tecnológico en las organizaciones***

Una patente ampara institucionalmente el monopolio tecnológico de una invención que ofrece una solución técnica novedosa e ingeniosa a un problema técnico de la industria, delimitada por los expertos de la oficina gubernamental de patentes.<sup>45</sup> La invención refiere siempre a un área técnica específica y debe describirse por escrito, matemática y/o gráficamente con el mayor detalle posible. Contienen por lo tanto una gran cantidad de información tecnológica – conocimiento explícito, así como el nombre de los propietarios y cada uno de los inventores –quienes constituyen la fuente del conocimiento tácito. En el plano de la economía global se observa que el marco institucional de cada país sobre propiedad intelectual siempre tiene particularidades que en ocasiones impide llevar a cabo determinado tipo de comparaciones entre las empresas e industrias de los países mediante patentes. Así, la utilidad de la patente para indicar cambio tecnológico entre organizaciones de diferentes marcos institucionales depende del objetivo en el estudio emprendido.

En el ámbito institucional de México –a lo largo de las últimas seis décadas, la legislación sobre propiedad intelectual ha evolucionado sustancialmente.<sup>46</sup> La

---

<sup>45</sup> Ver Aboites y Soria (1999).

<sup>46</sup> Ver Diario Oficial de la Federación-Estados Unidos Mexicanos, Ley de la Propiedad Industrial (1943), Ley de Invenciones y Marcas (1976), Ley de Fomento y Protección de la Propiedad Industrial (1991), Ley de la Propiedad Industrial (1994), México. Véase Capítulo Dos en Aboites y Soria (1999) donde se especifica con toda precisión

evolución ha sido en sentido convergente con el clausulado sobre propiedad intelectual en el TLC (1994)<sup>47</sup>, los “Trade Related Intellectual Property Rights (1994)”<sup>48</sup> y el “Patent Cooperation Treaty” (1970, 1995). Este tipo de clausulados abogan por fortalecer los derechos de propiedad intelectual de los propietarios de patentes, marcas y demás. Como la mayor parte de estos derechos son propiedad de empresas, son los agentes más favorecidos. Entonces, existe convergencia institucional con los países industrializados y fortalecimiento de los derechos de propiedad intelectual, en especial las patentes de las grandes organizaciones especializadas en producir conocimiento tecnológico.<sup>49</sup> Como varios autores refieren, al usar las patentes como indicadores del cambio tecnológico en las organizaciones, entrañan determinadas características y se pueden utilizar de diversas maneras a diferentes niveles de agregación.<sup>50</sup> La recomendación general es comprender los alcances y límites de las patentes como indicadores del cambio tecnológico y asociarlas con otros indicadores de ciencia y tecnología de tipo económico como el gasto y las regalías.

No todas las empresas e industrias de una economía patentan sus inventos, ni todas las invenciones se registran. Asimismo, tampoco todas las invenciones se realizan como innovaciones. Sin embargo, las organizaciones que sí registran patentes las consideran parte de sus estrategias tecnológicas.<sup>51</sup> Es decir, como un componente institucional que a través del mercado contribuye a la apropiación de los beneficios derivados de la innovación tecnológica. Así, las patentes representan

---

cuales han sido los principales cambios institucionales sobre la propiedad industrial en México entre 1943 y 1997. El marco emanado en México en el contexto de la entrada en vigor del TLC (1994) prevalece en lo sustancial hasta la fecha (2004).

<sup>47</sup> TLC (1994), Capítulo XVII: Propiedad Intelectual.

<sup>48</sup> Ver OMC, (1994).

<sup>49</sup> Ver Aboites y Soria (1999).

<sup>50</sup> Ver Griliches (1990); Basberg (1987); Aboites y Soria (1999); Freeman (1982); Patent Manual (1994); Patel y Pavitt (1992); Tietel (1993); Breitzman y Narin (2001); Martínez y Albornoz (1998).

<sup>51</sup> Este es el caso de la industria química, la cual tiene una alta propensión a patentar sus inventos.

sólo una parte del proceso de desarrollo tecnológico de las organizaciones y las industrias. Sin embargo, tampoco existe otro instrumento que indique de forma tan directa rasgos de las capacidades de invención de tecnología por determinados inventores en áreas tecnológicas sumamente específicas que se constituyen en posibilidades de innovación tecnológica de las organizaciones.

En nuestro caso de estudio, la información contenida en las patentes permitirá construir diferentes tipos de indicadores. En efecto, las patentes se utilizarán como indicadores de procesos de producción de conocimiento que acumulan capacidades tecnológicas mediante la invención e innovación tecnológica en diferentes niveles: interorganizacional, organización, grupos e individuos. Así, las patentes se utilizarán para en cuatro sentidos específicos. Para comparar al IMP con las empresas extranjeras y con organizaciones nacionales, es decir, como indicadores tecnológicos al nivel interorganizacional.<sup>52</sup> Una forma de evaluar el desempeño tecnológico de la organización productora de conocimiento –el IMP, asociándolas con datos sobre el gasto en investigación, así como regalías derivadas del desarrollo y transferencia de tecnología.<sup>53</sup> Para definir la red social de inventores principales dentro estos grupos que realizan las actividades de investigación básica o aplicada.<sup>54</sup> Se trata de visualizar en un mapa,<sup>55</sup> las relaciones entre los inventores principales. Una manera de definir el núcleo de alta productividad inventiva, constituido por diferentes inventores con una larga trayectoria como investigadores y/o funcionarios dentro de la institución.<sup>56</sup>

---

<sup>52</sup> Ver CONACYT (2003); IMPI (2002).

<sup>53</sup> Ver Griliches (1990); Basberg (1987).

<sup>54</sup> Ver Soria (2003, 2004).

<sup>55</sup> Ver Engelsman y Van Raan (1994).

<sup>56</sup> Ver De Solla Price (1963, 1976); Narin y Breitzman (1995); Lotka (1926); Seglen (1992); Shockley (1957). Los inventores altamente productivos casi siempre son sólo un pequeño número dentro de las organizaciones, las cuales, necesitan identificar, incentivar y mantener a los principales dentro.

En esta investigación se considera que las patentes registran detalladamente el sendero que sigue la novedad tecnológica. Contienen el conocimiento tecnológico explícito que resulta de un proceso de investigación y desarrollo tecnológico organizado en empresas y organizaciones especializadas. Indica las trayectorias que sigue la invención tecnológica como posibles alternativas para innovar. Como la dinámica de innovación descansa en procesos de aprendizaje dentro de la organización por sus actores –los inventores como fuente de conocimiento tácito–, la concesión sistemática de patentes a las organizaciones especializadas supone la construcción y desarrollo de ciertas capacidades tecnológicas mediante procesos específicos de producción social de conocimiento tecnológico.

#### ***1.2.4 Reflexiones en torno a las organizaciones, la innovación tecnológica y la teoría económica evolutiva***

Para efectos de estudiar la dinámica económica de los procesos de innovación tecnológica en términos de su efectividad y eficiencia para competir económica y tecnológicamente, el enfoque de la economía de la innovación constituye una perspectiva adecuada si se acepta la gobernabilidad del mercado. Sus herramientas permiten visualizar las capacidades generadas (o destruidas) y organizadas para determinados procesos de innovación tecnológica. Sin embargo, para efectos de esta investigación, una primera limitación de la perspectiva de la economía evolutiva de la innovación es un concepto más consistente de producción de conocimiento, que incluya el factor neoinstitucional. Esta teoría se fundamenta más por la gobernabilidad del mercado sobre las decisiones de los agentes económicos, que la gobernabilidad de las demás instituciones económicas, políticas, culturales, etc., de la sociedad.

Para el análisis de nuestro objeto de estudio, esta consideración es importante ya que si bien el IMP es una organización que ha desarrollado ciertas capacidades tecnológicas orientadas al mercado, es una organización pública cuya evolución ha dependido más de los factores institucionales y políticos que los de tipo económico y tecnológico –que aparentemente tendrían que prevalecer. Por lo mismo, además de las herramientas de análisis proporcionadas por la economía de la innovación, será necesario incorporar otras formas de abordar al objeto de estudio. En este sentido, es necesario incorporar una concepción sobre lo institucional, dado que la utilizada por la economía de la innovación es un tanto más limitada, pues se apega al concepto de “sistema nacional de innovación” –que no necesariamente refleja la realidad de México. En el caso de la organización objeto de estudio en esta investigación, como se considera que es una organización en proceso de cambio es importante analizar la dimensión institucional de las organizaciones con las cuales interactúa. Como veremos en los siguientes apartados, el valor de la hipótesis del isomorfismo institucional estribará en que el cambio institucional lo define con relación al cambio organizacional. Por su parte, en el enfoque del cambio en el modo de producir conocimiento se implican, necesariamente, cambios en los ámbitos tanto institucionales como organizacionales. Así, la interpretación del comportamiento de la relación entre cambio institucional y cambio organizacional se convertirá en una herramienta de análisis del objeto de estudio de la presente investigación.

Una segunda limitación del enfoque evolutivo es la ausencia de una concepción del poder. También en el ámbito de la tecnología están la política y la negociación como unos de los elementos fundamentales entre los grupos e individuos en el proceso de la construcción social del conocimiento tecnológico. Esta perspectiva implica a su vez, para efectos de conocer la evolución de las

organizaciones, considerar las acciones políticas y los intereses individuales y grupales, mediante las cuales se construye socialmente el conocimiento organizacional y tecnológico. En este sentido es necesario considerar el cambio del modo de producción de conocimiento tecnológico en sentido amplio, es decir, a varios niveles. Si bien la producción de conocimiento tecnológico se expresa concretamente mediante la incorporación de una innovación tecnológica al aparato económico, su proceso de producción es una cadena de eventos que atraviesan diferentes niveles o ámbitos. Como veremos en los apartados siguientes, estos niveles van, desde el institucional e interorganizacional, así como de la organización y hasta el de grupos e individuos.

### ***1.3 Estudios Organizacionales***

El propósito de esta tercera sección es exponer como las Teorías y Estudios Organizacionales ofrecen diferentes argumentos y distintos enfoques científicos para complementar y/o cuestionar la visión que la economía de la innovación tiene sobre la tecnología: desde la perspectiva social del conocimiento; el modo de su proceso de producción, y; las formas institucionales de su organización. Contiene cuatro partes.

La primera parte hace un breve recuento de las principales características de las Teorías y Enfoques que constituyen a los *Estudios Organizacionales*, incluyendo un recuento de las principales *Teorías y Estudios de la Economía Organizacional*. Posteriormente, a partir de la siguiente parte, se exponen cuatro enfoques y campos de investigación dentro de los Estudios Organizacionales. La segunda parte expone los argumentos principales en torno a la hipótesis de la construcción social de la realidad, así como del enfoque de los actores y redes. La tercera parte expone los principales argumentos en torno a la relación entre el cambio institucional y el cambio organizacional. La cuarta expone las tres ideas centrales del modelo de análisis utilizado en esta investigación de tesis: el modo de producción de conocimiento, el proceso de su creación por la organización y las formas cognitivas de inventar la tecnología.

### ***1.3.1 Economía y Estudios Organizacionales***

El objetivo de esta parte es delinear las principales características de las Teorías y Enfoques que constituyen a los *Estudios Organizacionales y la Economía Organizacional*. Se divide en dos apartados. El primero tiene por objetivo contextualizar a la teoría económica evolutiva y el enfoque de la economía de la innovación dentro de los estudios de economía organizacional, cuya gobernabilidad esta dictada por el mercado. El segundo expone otras formas de la gobernabilidad de las organizaciones. Muestra como los estudios organizacionales están marcados actualmente por la diversidad y la pluralidad de enfoques, métodos y paradigmas, poblados de diferencias y acuerdos variados y específicos.

#### ***A. Teorías y estudios económicos de la organización***

Los enfoques y teorías de la economía organizacional estudian a la firma en un contexto de interacción competitiva dentro de la organización económica del mercado éste de inspiración racionalista la cual descansa en la concepción de la “racionalidad limitada”. Las teorías de la organización económica emergieron como respuesta a las limitaciones inherentes a las teorías de economía clásica y neoclásica sobre la firma. Además del criterio de mercado en la toma de la decisiones, centran su atención en la asignación de recursos como determinante primordial del comportamiento y diseño organizacionales. Asimismo, formulan una serie de hipótesis que enfatizan la estructura de gubernamentalidad del mercado y corporativa y su relación con las funciones organizacionales.<sup>57</sup> Una de sus limitaciones más importantes es no considerar al poder como concepto clave para

---

<sup>57</sup> Ver Reed (1996).

entender a las organizaciones, particularmente, como resultado de una construcción social mediante la acción de los agentes humanos y naturales. Entonces, en los Estudios sobre Economía Organizacional no existe, todavía, una explicación acerca de cómo el cambio organizacional se estructura mediante luchas de poder entre actores sociales, mediante formas de dominación que ellos mismos legitiman. Algunas teorías se basan en elementos de la tradición organicista y enfocan su atención en las organizaciones como productos evolutivos.<sup>58</sup>

La literatura actual contiene al menos dos grandes grupos, que se constituyen por las siguientes siete corrientes principales:<sup>59</sup>

*a) Funciones económicas de las organizaciones regidas por el criterio de mercado:*

*i) Economía de los Costos de Transacción:* Analiza por qué existen las organizaciones.<sup>60</sup> ¿Es el mercado la forma más eficiente de coordinar los intercambios económicos o algunos intercambios se coordinan mejor a través de firmas?

*ii) Teoría de la Agencia:* Estudia como los asociados de la firma encuentran o no, un acuerdo en como es gestionada la organización. Enfatiza el estudio de la relación entre el agente principal y los agentes de una firma, en especial, entre managers y accionistas.<sup>61</sup>

*iii) Economía y gestión estratégica:* Analiza por qué unas organizaciones se desempeñan mejor que otras. Incluye a la Teoría Evolutiva y la economía de la innovación.<sup>62</sup>

*iv) Economía de la Cooperación Organizacional:* Estudia cómo pueden cooperar las organizaciones. Sea a través de alianzas estratégicas y fusiones de empresas, o

---

<sup>58</sup> Ibid.

<sup>59</sup> Ver Barney y Hesterley (1996); Ibarra (2000); Reed (1996).

<sup>60</sup> Ver Coase (1937); Williamson (1975); Barney y Hesterley (1996).

<sup>61</sup> Ver Barney y Hesterley (1996).

<sup>62</sup> Ver Nelson y Winter (1982); Pfeffer y Salanick (1978); Barney y Hesterley (1996); Ibarra (2000).

mediante el concepto de redes y conexiones entre organizaciones con flexibilidad y nuevas tecnologías en ambientes competitivos.<sup>63</sup>

v) *Ecología Poblacional*: Subraya el papel de la selección de ciertas organizaciones por sobre otras en ambientes de presión competitiva.<sup>64</sup>

b) *Funciones económicas de las organizaciones regidas tanto por criterio institucional o político (en menor medida por el mercado)*:

i) *Neo Institucionalismo Económico*: El Institucionalismo analiza las relaciones entre la práctica de la acción política y la teoría pura de la economía, estudiando la evolución económica, institucional y social.<sup>65</sup>

ii) *La Economía Política de las Organizaciones*: Analiza las relaciones de poder inherentes al sistema de intercambio establecido entre la organización y su medio.<sup>66</sup>

### ***B. La diversidad en las teorías y los estudios organizacionales***

Las fronteras tradicionales de la “organización formal” comenzaron a desdibujarse –al igual que las teorías y enfoques dominantes, el estructural funcionalismo y ciertas teorías de la burocracia–, desde los sesenta y setenta del siglo pasado. En la actualidad, las organizaciones no sólo son el gran corporativo industrial y financiero o dependencias del gobierno o la pequeña empresa familiar o del inventor individual de antaño, que emergieron con la modernidad. Las fronteras de la “organización formal” se han desdibujado en *cadena*s, *clusters*, *redes*, *alianzas* y *fusiones* estratégicas, organizaciones no gubernamentales y de la

---

<sup>63</sup> Ver Barney y Hesterley (1996); Castells (1996); Grandori y Soda (1995); Ibarra (2000); Nohria y Eccles (1992); Powell (1990); Law (1994).

<sup>64</sup> Ver Aldrich (1979, 1992); Hannan y Freeman (1989); Baum (1996); Reed (1996).

<sup>65</sup> Ver Scott (1987); Ayala (1999).

<sup>66</sup> Ver Benson (1975); Zald (1970); Ibarra (2000).

sociedad civil, etc. La colaboración interorganizacional tomó nuevos bríos ante problemáticas de negocios y sociales muy específicas.<sup>67</sup>

La organización posmoderna se distingue de la organización burocrática característica de la modernidad por la descentralización del conocimiento, el poder y la decisión; la modelación de un diseño distributivo en forma de red; la apertura, confianza y compromiso con la cooperación, el flujo de información, la toma de decisiones y el aprendizaje. En el devenir histórico de la humanidad han existido una diversidad de organizaciones. Ninguna por sí misma es necesariamente un paradigma a seguir por todas las demás. Cada una tiene su propia especificidad histórica y una forma particular de organizar lo que constituye su motivo de existencia.<sup>68</sup>

Así, las teorías y estudios organizacionales se han ido constituyendo en territorios con un devenir histórico compuesto por diferentes lenguajes, enfoques que disputan y contienden, luchando por reconocimiento y aceptación. Aunque, se distinguen al menos dos grandes fuerzas del análisis. La ortodoxia estructural funcionalista hace que toda organización sea conmensurable y determinada con precisión. En contraparte, está la tesis de la *inconmensurabilidad* de todas las posibles formas y motivos de *organizar*.<sup>69</sup> Un recorrido histórico del conocimiento generado y acumulado como “saberes” sobre la “organización”,<sup>70</sup> distingue cuatro etapas en su evolución –desde 1890 hasta la actualidad. El pensamiento preorganizacional: racionalización y modernidad como sustento material. La organización como sistema en equilibrio: primeras elaboraciones teóricas. La institucionalización de los saberes sobre la organización: el modernismo sistémico.

---

<sup>67</sup> Ver Clegg y Hardy (1996); Reed (1996); Ibarra (2000); Montaña (2001).

<sup>68</sup> Ver Clegg y Hardy (1996).

<sup>69</sup> Ver Reed (1996). En esta última tendencia vislumbra tres caminos: i) estudios en torno a la teoría del sujeto, ii) estudios en torno a la teoría de lo local/global, iii) estudios acerca del desarrollo de la teoría de la organización desde una perspectiva intelectual que abandone tanto el conservadurismo como el relativismo intelectuales.

<sup>70</sup> Ver Ibarra (2000).

Y los territorios y bifurcaciones recientes. Toda esta evolución por etapas se compone de varias teorías y enfoques sobre la organización que se forman desde diferentes perspectivas paradigmáticas y metodológicas.

La diversidad manifiesta en este recorrido histórico puede concretarse narrativamente a través de seis confluencias principales.

**a) Racionalidad:** Se caracteriza por concebir a la organización como un dispositivo para transformar la irracionalidad humana en comportamiento racional. Simboliza un nuevo tipo de gobernabilidad: el estado administrativo, donde la organización “científica” es prototipo de lo racional.

**b) Integración:** Como paradigma central en la Teoría de la Organización el Estructural Funcionalismo fue dominante desde los treinta hasta los sesenta durante el siglo XX.

**c) Mercado:** La firma compite bajo la racionalidad del mercado y comparte con las demás firmas la idea de "libertad de mercado".

**d) Poder:** Es el ejercicio del poder en las grandes organizaciones e instituciones públicas y privadas características de la modernidad. Refiere a teorías de análisis macro social.

**e) Conocimiento:** Es la organización como un producto social históricamente construido, basado en el trabajo de especialistas, conjuntos de conocimiento, rutinas y dispositivos técnicos movilizadas por los actores sociales en su diaria interacción mediante su discurso.

**f) Justicia:** Finalmente, representa un conjunto de teorías críticas de la organización contemporánea.

En el sentido de estos seis contextos narrativos, los estudios organizacionales pueden concebirse como un conjunto de conversaciones entre investigadores acerca de las organizaciones. Conociendo a la organización mediante la narrativa –

contando la historia del orden propio de cada organización particular—, a partir del pluralismo intelectual. Conversar permite “construir” los paradigmas, métodos y supuestos en torno al concepto de “organización”.<sup>71</sup>

La Teorías y Estudios Organizacionales son, entonces, un universo de espacios multidisciplinarios diversos y fragmentados de conocimiento que rebasan sus propios “límites”.<sup>72</sup> Esto se observa en como su objeto teórico se fue ampliando,<sup>73</sup> hasta que se pluralizó.<sup>74</sup> Por lo anterior, será importante una mayor claridad teórica y transparencia metodológica, reconociendo como “tecnologías de gobierno” los saberes de la organización.<sup>75</sup> En conclusión, las Teorías y Enfoques Organizacionales son territorios en devenir histórico con diferentes lenguajes, enfoques que disputan, contienden, luchan por reconocimiento y aceptación.<sup>76</sup> La diversidad y fragmentación denota, entonces, la complejidad de su objeto.<sup>77</sup>

---

<sup>71</sup> Ver Clegg y Hardy (1996).

<sup>72</sup> Hay una gran cantidad de estudios realizados por investigadores de diversas disciplinas, quienes con distintas aproximaciones y niveles de análisis, utilizan estrategias metodológicas que contrastan entre sí.

<sup>73</sup> Desde su origen y hasta la actualidad, pasó de un nivel de análisis a otro, esto es: i) del trabajo fabril al trabajo en la organización; ii) de la empresa industrial a todo tipo de organización (iglesia, escuela, universidad, prisión, hospital, ejército, agencias de gobierno, sindicatos, partidos políticos, etc.); iii) de la organización en equilibrio a la organización dentro de la contingencia del entorno ecológico; iv) del concepto de estructura de la "organización" al de "organizar" las relaciones y procesos de la organización.

<sup>74</sup> Es un conjunto plural de aproximaciones, desde la diversidad local, desde las formas específicas, al estudio de las organizaciones y la organización. Implica que el "one best way" ya no es la norma única.

<sup>75</sup> Ver Clegg y Hardy (1996); Reed (1996); Ibarra (2000).

<sup>76</sup> Entre las trayectorias dentro de los Estudios Organizacionales es necesario: a) construir el pluralismo intelectual; b) reconocer cierto regreso a la ortodoxia, c) así como nuevas perspectivas basadas en el conocimiento, la cultura y la reflexión en torno al sujeto, y, d) comprender que el dinamismo de la Teoría de la Organización proviene de sus tensiones internas, debido a que toda teoría es selectiva y parcial. Se trata de ir conociendo a la organización mediante la narrativa, contando la historia de orden propio de cada organización particular.

<sup>77</sup> Ver Burrell y Morgan (1979); Clegg y Hardy (1996); Reed (1996); Ibarra (2000); Solís (2000); Montaña (2001).

### ***C. Teorías y estudios organizacionales y de economía organizacional: Reflexiones***

Los enfoques económicos en los Teorías y Estudios Organizacionales están ligados mayormente al criterio de racionalidad del mercado. No consideran ciertos aspectos sociales, así como ciertos efectos de las instituciones y la política que son esenciales para la economía de la organización y el desarrollo de la tecnología. Los autores contemporáneos coinciden en que no existe una “Teoría de la Organización”, sino varias y diversas teorías, paradigmas, enfoques y estudios son los que analizan la organización y sus procesos de existencia desde diferentes perspectivas. Finalmente, de lo anterior, se desprenden dos preguntas cruciales para el análisis en esta investigación:

¿Cómo utilizar este conjunto diverso de saberes que carecen de unidad y se confrontan permanentemente? ¿Cómo se organiza el proceso social en la organización y las organizaciones?

Utilizando a las Teorías y Estudios Organizacionales como una “caja de herramientas”, retomando ciertos instrumentos del análisis institucional, organizacional y sociológico.<sup>78</sup> Cada uno aporta una visión particular del proceso de social de producción de conocimiento tecnológico. Es un proceso social de vocablos emergentes y discontinuos desde perspectivas dominantes o alternativas en evolución, al menos en tres sentidos:<sup>79</sup> *Organizaciones* son objetos empíricos reales y visibles que existen; *Organización* es un discurso teórico en tanto una representación de interacciones múltiples sobre atributos específicos; *Organizar* es un proceso social que contempla todos los niveles o dimensiones de lo real; como la historia, las prácticas locales, el lenguaje, la cultura, la etnicidad, el género, las

---

<sup>78</sup> Ver Ibarra (2000).

<sup>79</sup> Ver Clegg y Hardy (1996); Ibarra (2000).

identidades individuales, etc. La “organización” puede ser analizada, entonces, como un proceso social que implica dos niveles metodológicos. Uno es delimitar a la organización como objeto real del conjunto de organizaciones de su campo organizacional. El otro construir la representación teórica más adecuada para describir y entender el devenir y el ser de ese “objeto real”.

### ***1.3.2 Construcción social del conocimiento, la ciencia y la tecnología***

Esta parte ilustra sobre dos perspectivas sociales que analizan a la tecnología. Primero, como conocimiento producido mediante un proceso organizado de construcción social. Segundo, la organización como redes sociales de actores y materiales heterogéneos que generan conocimiento con determinados efectos.

#### ***A. La sociología de la ciencia y la tecnología***

La *Teoría sobre la Construcción Social de la Realidad* se encuentra parcialmente enraizada en la teoría sociológica marxista.<sup>80</sup> El método del materialismo histórico enfatiza las interacciones y conflictos de las clases sociales e instituciones y no a los individuos. Por tanto, la invención y la innovación son analizadas según el proceso social y no por el genio individual. La producción de conocimiento tecnológico se concibe como un proceso social y colectivo en el cual los factores institucionales y el medio ambiente social juegan un papel mayor. En esencia establece que nuestra realidad se construye socialmente a través de la producción de conocimiento.

---

<sup>80</sup> Ver Marx (1867, 1975); Berger y Luckmann (1968); Rosenberg (1982).

Inicialmente, se trataba de generar una descripción sociológica de la génesis y mecanismo de razonamiento del pensamiento humano. Explicando la diversa influencia de las creencias de las personas sobre la producción de conocimiento.<sup>81</sup> Sin embargo, la hipótesis central en los Estudios Sociales devino en que la Ciencia y la Tecnología y sus epistemologías se encuentran afectados por consideraciones sociales y políticas que se expresan institucional y organizacionalmente en tensiones, conflictos y arreglos de diverso origen y efecto entre agentes y actores. En este sentido, esta hipótesis de la construcción social de la realidad se aplica, por una parte, al concepto de producción de conocimiento tecnológico, y por la otra, opera como el sustrato teórico de las ideas sobre actores en redes y las relaciones entre agentes institucionales.

En general, su principal conclusión es que solo mediante la negociación se construye el conocimiento científico y tecnológico.<sup>82</sup> Los laboratorios son centros de poder controlados por cierto grupo de científicos, quienes a su vez se encuentran afectados en sus intereses por la influencia de los políticos.<sup>83</sup> Por ejemplo, la “replica” de experimentos entre científicos es crucial para demostrar o no una teoría. Sin embargo, en realidad nunca se pueden replicar los experimentos de unos y de otros. Cada uno es único y excepcional, aunque, si pueden negociarse las *reglas* bajo las cuales se “replican” los experimentos. Aquí, el problema es social porque estriba en como el significado de un experimento es negociado entre los científicos dentro de determinado campo de conocimiento.<sup>84</sup>

La insatisfacción con el paradigma sistémico y funcionalista ha provocado la emergencia de distintos programas de investigación en torno al proceso social de

---

<sup>81</sup> Ver Mulkay (1979); Durkheim (1915); Merton (1957); Barnes y Dolby (1970); Bloor (1973).

<sup>82</sup> Ver Pinch y Bijter (1984); Sismondo (1993).

<sup>83</sup> Ver Latour y Woolgar (1979).

<sup>84</sup> Ver Collins (1975).

producción de la ciencia y la tecnología.<sup>85</sup> El enfoque normativo asume que hay consenso cognitivo en torno a una teoría y reglas institucionales de la ciencia. El enfoque interpretativo asegura que el significado siempre está sujeto a negociación y políticas, pues, el consenso cognitivo –aun dentro de una disciplina, siempre es problemático. El enfoque externo abandona la noción de que la ciencia es autónoma e independiente en la sociedad. El enfoque cognitivo critica la metodología positivista y relaciona el nacimiento de la ciencia y su institucionalización con la evolución de los procesos y las estructuras de la sociedad. También se analiza como cierto conocimiento incide sobre cómo se organiza el trabajo científico.<sup>86</sup> Es decir, las decisiones aparente y estrictamente “científicas o técnicas” de las organizaciones o firmas siempre son afectadas por los múltiples elementos de lo social. Además, las instituciones dedicadas a generar el conocimiento científico no son ni “naturales” ni “neutrales” y tampoco la “mejor o única manera” de conocer para construir ciencia y producir tecnología en una sociedad.<sup>87</sup>

Hacia los mediados de los ochenta, se comienza a darle perfil a un objeto de investigación más específico.<sup>88</sup> La idea principal gira en torno a explorar nuevas metodologías para aplicar la hipótesis de la construcción social de la realidad, exclusivamente, al análisis de la tecnología. Las nuevas tecnologías basadas en ciencia crean su propio contexto, alterando la sociedad para que se ajuste a su tecnología. Esto debido a que en esencia, la tecnología tiene por objeto transformar la naturaleza en bienes de consumo humano, mientras la ciencia tiene por objeto

---

<sup>85</sup> Ver Barnes (1981); Blume (1977); Law y French (1974); Medina (1983); Mulkay (1979).

<sup>86</sup> Ver Van Den Daele (1977); Whitley (1977a).

<sup>87</sup> Knorr-Cretina (1977); Latour y Woolgar (1977); Bloor (1973); Hicks y Potter (1991); Sismondo (1993). Uno de los primeros programas sistemáticos de investigación que aplicó esta hipótesis al estudio del conocimiento científico, publicó sus hallazgos en un volumen titulado *The Social Production of Scientific Knowledge* (1977).

<sup>88</sup> Mediante la publicación de libros como *The Social Construction of Technological Systems* (SCOT) por Bijker, Hughes y Pinch (1984). También están *Technology and Social Process*, editado por Elliott (1986); *Social Shaping of Technology*, por Mckenzie y Wajeman (1985).

descubrir y conocer en lo posible, la naturaleza de todos los fenómenos del universo. Son lógicas complementarias pero con objetivos diferentes.<sup>89</sup>

### ***B. Los actores y redes***

Algunos de los autores de la Teoría de Actores y Redes,<sup>90</sup> empezaron sus investigaciones en la sociología de la ciencia y la tecnología. La Teoría de Actores y Redes estudia la mecánica del poder derivada del conocimiento, que es en sí un producto social.<sup>91</sup> Esta perspectiva, está ausente del vector de análisis organizacional de la economía y la innovación delineado en los apartados anteriores. Aquellas teorías y enfoques no atienden el estudio de la mecánica del poder, conciben de antemano lo que se desea explicar. Aquí, la propuesta es comenzar con el estudio de la interacción,<sup>92</sup> realizando un análisis horizontal, de un agente específico en los mismos términos de cualquier otro.

Los actores son agentes en acción específica y las organizaciones redes. Cada actor sintetiza, participa, tiene detrás de sí redes heterogéneas. Están compuestas de materiales diversos. Sobre la organización proponen estudiar, primero, la interacción entre sus materiales y estrategias, luego, estudiar sus efectos.<sup>93</sup> La organización emerge, entonces, como portadora de conocimiento social y técnico, así como habilidades, mediante los cuales se generan y reproducen los patrones sociales en circunstancias históricas y sociales específicas.<sup>94</sup> El conocimiento científico, por ejemplo, siempre toma una forma material: pláticas, conferencias,

---

<sup>89</sup> Ver Hamlin (1992).

<sup>90</sup> Ver Latour y Woolgar (1995); Law (1992, 1994, 2000).

<sup>91</sup> Ver Berger and Luckmann (1968).

<sup>92</sup> Ver Schwartzman (1993).

<sup>93</sup> Ver Law (1992, 1994, 2000).

<sup>94</sup> Ibid.

documentos, patentes, habilidades.<sup>95</sup> El conocimiento no es solo fruto de la gran cantidad de trabajo que hay detrás de cada uno de los pedazos heterogéneos de materiales, también están yuxtapuestos en una red con un patrón de orden, que logra sobreponerse a su resistencia mutua. El conocimiento científico es un proceso de “ingeniería heterogénea” donde pedazos “desordenados” de lo social, lo técnico, lo contextual y lo textual son “ensamblados” en un rompecabezas. Hasta que resulta un producto científico heterogéneo. Esto es, una combinación con determinados efectos. El concepto distintivo de este enfoque es, entonces, su concepción acerca del materialismo relacional.<sup>96</sup>

Esto mismo que sucede a la organización, la ciencia o la tecnología, sucede en todas las demás instituciones de la sociedad, la familia, escuela, empresa, iglesia y otras organizaciones. Así, para esta Teoría, la tarea de la sociología es caracterizar en su heterogeneidad estas redes de gente, máquinas, animales, textos, dinero, arquitectura, etc. Explorar como es que se gestaron hasta ser un patrón de orden específico que genera efectos como organizaciones. Pero, especialmente, iniquidad y poder. Así, la Teoría de la Red y el Actor concibe a la realidad como un mundo de materiales heterogéneos en constante movimiento, en el marco de patrones de orden específico, con determinados efectos.<sup>97</sup>

La teoría de los actores y las redes hace un análisis horizontal de los agentes, las cosas y los fenómenos relacionados en redes. La sociedad, las organizaciones, los agentes y las máquinas son efectos generados por redes, como combinación de materiales heterogéneos que interactúan, a partir de estrategias que resultan en una combinación específica. El proceso científico es una ingeniería heterogénea, donde pedazos desordenados de lo social, lo técnico, lo textual y contextual, son

---

<sup>95</sup> Ver Latour y Woolgar (1995).

<sup>96</sup> Ver Law (1992, 1994, 2000).

<sup>97</sup> Ibid.

ensamblados en un rompecabezas, una combinación específica, que mezcla factores humanos y no humanos, científicos y políticos poderosos. La teoría de las redes, afirma que una serie de actores llevan al cabo sus actividades discursivas y ejercen poder a partir del intercambio de conocimiento socialmente generado. Es necesario entonces estudiar de la organización: primero, la interacción entre sus materiales y estrategias, y; segundo, los efectos de ser portadora de conocimiento social y técnico.<sup>98</sup>

### ***C. La perspectiva social en la construcción de la ciencia y la tecnología: Reflexiones***

Mediante la aplicación de políticas y negociación entre los agentes y actores se construye el conocimiento científico y tecnológico. La presencia de fenómenos sociales en la ciencia y la tecnología se debe al problema de la contingencia del conocimiento. Los objetos científicos de los investigadores compiten técnicamente entre sí y también buscan su reconocimiento como objetos sociales. Esto es, como objetos de negociación y poder. La hipótesis de la construcción social de la realidad replantea la relación entre el laboratorio de investigación y el conocimiento social. Las instituciones y organizaciones dedicadas a la investigación y desarrollo tecnológico son centros de poder controlados por ciertos grupos con sus propios intereses y políticas.

La sociedad, las organizaciones, los agentes y las máquinas son efectos generados por redes, mediante un patrón de orden específico de los diversos materiales y las estrategias que interactúan, así como, a la combinación específica de materiales que logra determinados efectos. Entre otros efectos fundamentales están las instituciones, el poder y las jerarquías. Finalmente, es necesario

---

<sup>98</sup> Ver Latour y Woolgar (1995); Law (1992, 1994, 2000).

reflexionar sobre las metodologías y conceptos utilizados hasta hoy en el estudio social de la tecnología. Las categorías metodológicas y conceptuales utilizadas para analizar el carácter social de los procesos de conocimiento científico no son siempre los más apropiados. Es necesario crear una metodología específica para el estudio social de la tecnología.

### ***1.3.3 Neo institucionalismo e innovación organizacional***

Esta parte esclarece el uso que se le da en esta investigación a la relación entre los conceptos de cambio “institucional” y “organizacional”. Aborda el tema de la reconfiguración de las instituciones porque un cambio en el modo de producción de conocimiento entraña un impacto sobre la configuración de las organizaciones de determinado campo organizacional. Incluye un enfoque particular que ilustra sobre una determinada forma de producir conocimiento entre empresas, universidades y gobierno. A esta relación institucional se le denomina “la triple hélice”. Se divide en tres apartados. Primero, se dilucida el significado del concepto de institución y cambio institucional utilizado en esta investigación. Segundo, se descifra el sentido en que se interpretan los conceptos de organización y cambio organizacional. Finalmente, se expone un ejemplo de una nueva situación institucional y organizacional: un modelo de producción de conocimiento tecnológico cuya organización plantea una relación institucional entre agentes económicos y sociales.

### ***A. Análisis institucional de las organizaciones***

Una vía de análisis de las instituciones supone que existen porque generan beneficios colectivos. Es decir, “resuelven problemas de la vida social y potencian a los agentes para trabajar colectivamente por el beneficio social.”<sup>99</sup> Las instituciones se conciben como “reglas del juego” social. Son tanto limitaciones como estructura de incentivos –económicos, políticos y sociales, inventadas para dar forma a la interacción social. Así, las organizaciones surgen de las instituciones y son la arena en la cual los agentes realizan intercambios y negocian acuerdos acotados por las instituciones existentes.<sup>100</sup>

Otra vía de análisis de las instituciones –más sociológica, afirma que éstas generan conflictos sociales. Ya que el efecto desigual que se produce en éstas genera diferencias de poder entre los actores sociales y las organizaciones. Por lo tanto, son restricciones que evitan ciertas acciones económicas y políticas en la vida colectiva y no siempre ayudan a reconciliar la racionalidad individual –egoísta y maximizadora, a la racionalidad social mediante acciones colectivas.<sup>101</sup>

En este contexto, las organizaciones formales se conciben en lo general como sistemas de coordinación y control de actividades que surgen cuando el trabajo se encuentra entretejido en redes complejas de relaciones técnicas e intercambios.<sup>102</sup> En las sociedades modernas, las estructuras formales de organización surgen en contextos altamente institucionalizados. Las organizaciones son empujadas a incorporar prácticas y procedimientos definidos por la racionalidad institucionalizada en la sociedad. Con esto y para su sobrevivencia, las

---

<sup>99</sup> Ver Elster (1997); Schooter (1998).

<sup>100</sup> Ver North (1992); Ayala (1999).

<sup>101</sup> Ver Ayala (1999).

<sup>102</sup> Ver Meyer y Rowan (1991).

organizaciones aumentan primero su legitimidad, antes que la eficacia organizacional inmediata mediante prácticas y procedimientos adquiridos.

La hipótesis del isomorfismo sugiere que las organizaciones en realidad no cambian.<sup>103</sup> Cuando hacen el cambio formal, sólo es para ser similar a otras organizaciones –“exitosas”– y no para ser más eficientes y/o eficaces.<sup>104</sup> La burocratización y otras formas organizacionales surgen de los *campos organizacionales*.<sup>105</sup> Estos son un conjunto de organizaciones que constituyen un área reconocida de la vida institucional.<sup>106</sup> Conceptualmente, hay dos tipos de isomorfismo.<sup>107</sup> El *competitivo* está caracterizado por la competencia de mercado, el cambio en nichos y procesos de ajuste. El *institucional* tiene como rasgos, tanto a las fuerzas que presionan a las comunidades para adaptarse al mundo exterior; como a la política y la ceremonia que subyacen en gran parte de la vida organizacional moderna. Como proceso, el cambio institucional isomorfo ocurre mediante tres mecanismos. El *coercitivo* refiere a la influencia política y la legitimidad y a las presiones formales e informales que unas organizaciones ejercen sobre otras. El *mimético* son las respuestas estándares a la incertidumbre a través de la imitación de otras organizaciones. El *normativo* implica la profesionalización y por tanto, la lucha colectiva de los miembros de una ocupación por definir condiciones y métodos de su trabajo, establecer la base cognoscitiva, la legitimidad y el estatus de su autonomía ocupacional.

Los campos organizacionales altamente estructurados proporcionan un contexto donde los individuos se esfuerzan por racionalizar la incertidumbre.<sup>108</sup> La

---

<sup>103</sup> Ver Powell y Dimaggio (1991).

<sup>104</sup> Ver Hawley (1968); Powell y Dimaggio (1991). El *isomorfismo* es un proceso limitador que obliga a una *unidad* en una *población* a parecerse, a ser *compatible* a otras unidades que enfrentan las *mismas condiciones ambientales*.

<sup>105</sup> Ver Giddens, 1979. Este proceso es efectuado por los grandes *racionalizadores*, el Estado y las Profesiones.

<sup>106</sup> Un *campo organizacional* se estructura por la competencia, el Estado o las profesiones.

<sup>107</sup> Ver Powell y Dimaggio, (1991).

<sup>108</sup> *Ibid.*

estructura de un campo organizacional no puede determinarse a priori sino a través de la investigación empírica.<sup>109</sup> En estos campos los actores organizacionales al “tomar decisiones racionales”, construyen a largo plazo un ambiente para limitar su habilidad de cambiar en el futuro. En efecto algunas organizaciones adoptan innovaciones organizacionales que buscan mejorar su desempeño. Conforme se difunde la innovación, se llega a un umbral donde ya no mejora el desempeño organizacional. El resultado de este proceso, antes que eficacia o eficiencia organizacional, proporciona legitimidad cambiando sólo la organización formal.<sup>110</sup>

Así, las organizaciones tratan siempre de cambiar. Sin embargo, después del umbral alcanzado en la estructuración de un campo organizacional<sup>111</sup>, el efecto del cambio en cada organización reduce el grado de diversidad organizacional dentro del campo. La homogeneidad de las estructuras organizacionales predomina y se debe a la poca variedad para seleccionar. Es este proceso de homogenización en el cual se sustenta a la hipótesis del isomorfismo institucional.

### ***B. La organización y el cambio organizacional***

Según enfoques elaborados hace más de cincuenta años, la cooperación entre dos o más personas se constituye en una "organización". Ésta denomina un sistema compuesto de un complejo diseño de comunicaciones y demás relaciones entre un grupo de seres humanos. Se forma sólo cuando existen al menos dos personas capaces de comunicarse entre sí, que tienen la voluntad de constituir a la acción,

---

<sup>109</sup> Por ejemplo: los proveedores principales, los consumidores de recursos y productos, las agencias reguladoras y otras organizaciones de servicios o productos similares. Así, este concepto da cuenta de varios enfoques: las empresas competidoras, las redes de organizaciones, la totalidad de los actores importantes.

<sup>110</sup> Ver Powell y Dimagio (1991).

<sup>111</sup> La organización burocrática es un poderoso medio de control casi imposible de detener. La burocratización es resultado de tres causas: i) la competencia intercapitalista de mercado, ii) la competencia entre Estados, iii) la demanda burguesa por protección igual ante la Ley.

para lograr un propósito común.<sup>112</sup> En estos enfoques un sistema cooperativo es un complejo de componentes físicos, biológicos, personales y sociales, que se encuentran en una relación sistemática específica por razón de la cooperación entre dos o más personas para al menos un término final. Las actividades de las diferentes personas las coordina el sistema y sus aspectos significativos no son personales, sino que, están determinados por el sistema, el cual es una unidad subordinada de sistemas mayores y en sí mismo cobija a ciertos subsistemas.<sup>113</sup>

Por otra parte, como ya hemos visto, a partir de un enfoque de la década pasada, la “organización” puede ser analizada como un proceso social que implica delimitarla como objeto real del conjunto de organizaciones de su campo organizacional, construyendo la representación teórica más adecuada para describir y comprenderla. En este enfoque, las *Organizaciones* son consideradas objetos empíricos reales y visibles que existen. La *Organización* es un discurso teórico en tanto una representación de interacciones múltiples sobre atributos específicos. Y *Organizar* es un proceso social que contempla todos los niveles o dimensiones de lo real. Para este estudio de caso, no se establece una definición exacta de “organización”. La gama de concepciones que hay entre los dos extremos conceptuales expuestos es muy amplia, por ende, una “organización” implica por lo menos dos cuestiones. La cooperación de individuos en el contexto de ciertas reglas e incentivos organizacionales e institucionales para alcanzar determinado objetivo. Y contemplar que es un fenómeno social e individual que rebasa siempre los límites organizacionales e institucionales.

Un cambio organizacional se concibe como *mejora organizacional simple* realizada en sí misma como atributo aislado en cierta parte de la organización. A su vez, la *innovación organizacional* se concibe como *conjunto de atributos*

---

<sup>112</sup> Ver Barnard (1938); Simon (1947, 1988).

<sup>113</sup> Ibid.

*relacionados*. Consiste de una *serie interrelacionada de cambios organizacionales* que afectan la división del trabajo y los modos de coordinación dentro de la organización.<sup>114</sup> La innovación organizacional es un cambio que influye sobre la triple dimensión de la organización. En la gestión y el procesamiento de información; en el conocimiento e intereses; y la que se implementa a través de una mezcla de autoridad, contratos e incentivos. Por lo tanto, el cambio organizacional se considera una innovación en la presencia de una serie interrelacionada de prácticas mejoradas.<sup>115</sup>

Los cambios de la organización que pueden llegar a constituir innovaciones del proceso organizacional, son de tres tipos. Los patrones de división del trabajo: por ejemplo, equipos de trabajo en proyectos de solución. Las formas de coordinación de tareas entre actores: por ejemplo, modos cooperativos de distribución de información. La combinación de ambos tipos. Estas innovaciones organizacionales pueden llegar a ser eficaces en su impacto sobre los costos y otras dimensiones de la firma, si remontan los obstáculos que enfrenta la diseminación de innovaciones organizacionales al ser introducidas.<sup>116</sup> Un factor clave que explica la decisión para introducir estos cambios en las firmas, parece ser la intensidad con la cual los cambios en el mundo afectan el medio ambiente percibido por estas firmas. Sin embargo, existen dos grandes obstáculos. Primero, el conocimiento en este campo no se encuentra codificado y su difusión es restringida. Segundo, las innovaciones organizacionales cuestionan los sistemas tanto de gobierno como jerárquicos dentro de las compañías. Toda la estructura social de una organización está comprometida con este tipo de cambios. La innovación organizacional aparece

---

<sup>114</sup> Ver Schumpeter (1950); Coriat (2001).

<sup>115</sup> Ver Coriat (2001).

<sup>116</sup> Ver Coriat (2001). Con respecto al cambio organizacional, los hallazgos principales que arrojan las encuestas realizadas sobre innovación organizacional durante los noventa en Europa, son sugerentes, y aunque sólo una parte menor de las firmas europeas introducen innovaciones organizacionales, existen potencialidades para desarrollarlas en muchas más.

como un riesgo para los gerentes medios, quienes la perciben como una compleja mezcla de amenazas y oportunidades. Paradójicamente, son ellos quienes juegan un papel estratégico en la diseminación y efectividad de los cambios organizacionales introducidos.

### *C. La triple hélice*

El enfoque de la “Triple Hélice” plantea una forma de organización en red de los agentes institucionales que intervienen en el proceso de innovación de tecnología. Son nuevos arreglos institucionales entre organizaciones económicas privadas, centros de conocimiento tecnológico y el gobierno.<sup>117</sup> El proceso de innovación es un proceso interactivo entre productores y usuarios de tecnologías característico de la sociedad industrial moderna. Puede estudiarse a diferentes niveles de agregación, desde el nivel microeconómico –la organización o firma, hasta el nivel del sistema nacional de innovación de un país dado –lo interorganizacional e institucional.<sup>118</sup> En la actualidad, el cambio radical en la base tecnológica derivado de la economía basada en la intensificación del conocimiento no puede ser explotado en todo su potencial. Debido a la existencia de patrones organizacionales e institucionales antiguos o tradicionales. En este sentido es urgente la necesidad de innovaciones sociales y cambio institucional a nivel mundial y entre y dentro de los países.<sup>119</sup>

La “Triple Hélice” es un modelo que parte de las formas tradicionales de diferenciación institucional entre universidades, laboratorios, industrias y el gobierno. Sin embargo, este modelo incorpora la idea del creciente papel del

---

<sup>117</sup> Ver Etzkowitz (1997); Etzkowitz y Leydesdorff (1997); Leydesdorff y Etzkowitz (1997); Casas (2001); Casas, Luna y De Gortari (2001); Conceicao y Heitor (2001); Correa (1998); Méndez y Martínez (1999).

<sup>118</sup> Ver Lundvall (1989).

<sup>119</sup> Ibid.

conocimiento con relación a la política y la economía de una sociedad. Luego, a partir de la perspectiva evolutiva de la economía, agrega la noción de actores “reflexivos”, quienes dan forma a las instituciones. En efecto, tanto los mecanismos de mercado como las interacciones entre actores reflexivos mediante negociaciones, dan forma al régimen emergente generando una variedad de nichos con sus propias trayectorias.<sup>120</sup> Cada una de las “hélices” se impulsa en términos de especificidad y selectividad por un proceso de co-evolución de tecnologías e instituciones a nivel de la firma.<sup>121</sup> Esto nos conduce a una perspectiva de los actores institucionales en un mismo nivel dentro de una red, donde cada uno se diferencia con referencia a la infraestructura de conocimiento internalizada y que reproduce colectivamente.<sup>122</sup>

El desarrollo de la capacidad de investigación académica trae consigo la semilla del futuro desarrollo económico y social en la forma de capital humano, conocimiento tácito y propiedad intelectual. Las universidades son vistas cada vez más, como actores nacionales y regionales de sistema de innovación y los límites tradicionales de la universidad se han erosionado y reemplazado por relaciones dentro de redes.<sup>123</sup> Los grupos de investigación dentro de las firmas cada vez más se convierten en elementos de investigación de inversiones conjuntas y alianzas estratégicas de largo plazo. Además, entran en contacto con laboratorios gubernamentales y con grupos de investigación universitarios, para lograr objetivos estratégicos comunes. Así, los aspectos relevantes de esta relación son: la construcción de la triple hélice, los mecanismos de co-evolución de tecnologías e instituciones, la operación del sistema resultante y el futuro papel de la universidad y los institutos públicos de investigación. En la medida en que la producción de

---

<sup>120</sup> Ver Etzkowitz (1997); Etzkowitz y Leydesdorff (1997); Leydesdorff y Etzkowitz (1997).

<sup>121</sup> Ver Nelson (1994).

<sup>122</sup> Ver Leydesdorff y Etzkowitz (1997).

<sup>123</sup> Ver Etzkowitz y Leydesdorff (1997).

conocimiento científico y tecnológico generada por la universidad o los institutos públicos contribuye al crecimiento económico, su imagen como torres de marfil se desvanece. En este sentido, aunque el papel de estas organizaciones tendrá que ser examinado, su integridad institucional debe preservarse.<sup>124</sup> La integridad institucional de la universidad y los institutos se mantiene conforme permanece su carácter académico o científico en las funciones básicas de enseñanza, difusión y/o investigación.

Conforme lo anterior, cuatro son los ámbitos que atraviesa el desarrollo de la triple hélice. Primero, las organizaciones que componen cada una de las hélices sufren transformaciones internas. Segundo, cada una tiene influencia sobre la otra. Tercero, hay una superposición de organizaciones en redes tripartitas resultado de la interacción entre las hélices. Cuarto, el modelo de la triple hélice tiene un efecto dinámico sobre estas tres esferas institucionales. El conflicto dentro de estas esferas institucionales da forma e indica la dirección de la innovación tecnológica.<sup>125</sup>

### ***1.3.4 El proceso de producción de conocimiento tecnológico***

Aquí plantaremos las ideas centrales en torno al modelo de producción de conocimiento utilizado en esta investigación para el análisis del objeto de estudio. Se compone de tres apartados. Primero se revisa el enfoque de la *nueva producción de conocimiento* como forma de organizar la dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas. Segundo se revela el enfoque de la creación de conocimiento organizacional en términos de cómo la dinámica entre el conocimiento tácito y explícito recorre desde el nivel interorganizacional hasta el ámbito de lo individual. Tercero se esclarece la manera en que opera concretamente

---

<sup>124</sup> Ver Conceicao y Heitor (2001).

<sup>125</sup> Ver Etzkowitz (1997).

el modelo cognitivo de invención tomado de la literatura social de la ciencia y la tecnología de enfoque interpretativo.

### ***A. Modos de producción de conocimiento***

En la actualidad, los términos convencionales para nombrar la producción de conocimiento son inadecuados: “ciencias aplicadas”, “investigación tecnológica”, investigación y desarrollo”, “conocimiento científico”. De hecho, el término “científico” implica una forma característica de producción de conocimiento, pues, su ideal es la física empírica y la matemática según Newton. El Modo Uno de Producción de Conocimiento se ha forjado y consolidado a partir de esta perspectiva.<sup>126</sup> En contrasentido, a su vez, una “nueva forma de producción del conocimiento” –el Modo Dos de Producción de Conocimiento–, se encuentra emergiendo junto a la antigua, tradicional y familiar antes nombrada. El Modo Dos ha evolucionado a partir de la matriz disciplinar del primero y continúa existiendo junto con aquel. El nuevo modo de producción de conocimiento supone más actores de diferentes disciplinas y con distintos historiales; lugares diferentes de producirlo; diferentes mecanismos de generar y comunicar conocimiento.

El Modo Uno se desenvuelve en un contexto gobernado por intereses académicos de una comunidad específica.<sup>127</sup> Efectivamente, es disciplinar en sus procesos de investigación y el conocimiento obtenido es relativamente homogéneo. Además, opera bajo una organización jerárquica que preserva en el tiempo sus formas originarias. Finalmente, el control de la calidad del conocimiento se encuentra basado sólo en juicios de iguales. El Modo Dos, por su parte, se lleva a cabo en el contexto de aplicación del conocimiento. Su actividad es

---

<sup>126</sup> Ver Cuadro 1.3; Gibbons et al. (1997).

<sup>127</sup> Ibid.

transdisciplinar por lo cual los resultados sobre el saber se caracterizan por su heterogeneidad. Asimismo, conllevan una organización “heterárquica” –es decir, “otro orden de distinto origen”, y es una organización transitoria. Finalmente, el control de calidad del conocimiento producido incorpora una gama de intereses culturales y sociales, ecológicos y económicos, políticos y de derechos humanos, etc. En suma, la nueva forma de producción de conocimiento afecta: tanto *qué* conocimiento se produce y *cómo* se produce; el *contexto* en que se produce; la forma en que se *organiza*; el sistema de *incentivos* que utiliza; y los mecanismos que controlan la *calidad* de lo que se produce.

### ***B. La organización creadora de conocimiento***

El objetivo de este enfoque es crear una nueva teoría del conocimiento organizacional que explique la innovación misma.<sup>128</sup> Parte de la crítica a la concepción sobre la organización como una entidad que procesa información del ambiente externo para adaptarse a nuevas circunstancias.<sup>129</sup> El conocimiento es de naturaleza activa y subjetiva, pues, representa compromisos y creencias arraigadas profundamente en los sistemas de valores de los individuos. Es un elemento del contexto específico y relacional que depende de situaciones y se crea por dinámica de la interacción social entre las personas. Una nueva teoría del conocimiento organizacional parte, primero, de una visión epistemológica, cuya piedra angular es la distinción entre conocimiento tácito y explícito. La clave se encuentra en la movilización y conversión de conocimiento tácito, crucial para entender que

---

<sup>128</sup> Ver Nonaka y Takeuchi (1995).

<sup>129</sup> Ver Donaldson (1999). Así, en primer lugar, ellos distinguen entre información (caudal de datos y signos que representan o interpretan eventos u objetos) y conocimiento (proceso humano dinámico de justificación de la creencia personal en busca de la verdad).

“podemos saber más de lo que se puede expresar”.<sup>130</sup> El conocimiento tácito tiene elementos cognoscitivos y técnicos. Los conocimientos tácitos cognitivos se centran en los modelos mentales (paradigmas) que los humanos crean para interpretar su realidad. Los elementos técnicos del conocimiento tácito incluyen el saber cómo, oficios y habilidades concretas.

La otra visión necesaria para comprender la creación de conocimiento organizacional es la dimensión ontológica. Refiere al proceso que surge con el sujeto individual, que luego atraviesa a los grupos y hasta el nivel organizacional y tiene un alcance interorganizacional.<sup>131</sup> La dimensión ontológica concibe al conocimiento organizacional como un proceso creado por los individuos que se solidifica como parte de la red de conocimiento de la organización. Este proceso conlleva una interacción que atraviesa niveles intra e inter organizacionales. Las formas específicas de conversión del conocimiento tácito y explícito son: Socialización, de tácito a tácito; Exteriorización, de tácito a explícito; Combinación, de explícito a explícito; Interiorización, de explícito a tácito. El papel de la organización en el proceso de creación de conocimiento es proveer el contexto adecuado para facilitar las actividades creadoras. Así, se requiere de cinco condiciones para que esta dinámica se pueda dar: Intención; Autonomía; Fluctuación y caos creativo; Redundancia, y; Variedad de requisitos. El modelo de las cinco fases del proceso de creación de conocimiento organizacional es, entonces, el siguiente: Compartir el conocimiento tácito; Crear conceptos; Justificar conceptos; Construir un arquetipo, y; Expandir el conocimiento.

En síntesis, la innovación en la organización surge de la interacción dinámica de la espiral ontológica y la espiral epistemológica a lo largo del tiempo.<sup>132</sup>

---

<sup>130</sup> Ver Polanyi (1962).

<sup>131</sup> Ver Nonaka y Takeuchi (1995).

<sup>132</sup> Ibid.

Mientras el conocimiento explícito es mental y racional –secuencial del allá y el entonces–, actúa en forma teórico digital. A su vez, el conocimiento tácito es la experiencia del cuerpo –la vivencia simultánea en el aquí y el ahora–, que actúa en forma práctica y análoga. Así, es la interacción de ambas dimensiones del conocimiento –entre el tácito y el explícito en cualquier nivel ontológico–, lo que se constituye en el proceso de la creación del conocimiento en la organización.

### *C. Modelo cognitivo de invención*

Aplicando el análisis interpretativo a la narración de Thomas Alva Edison sobre el desarrollo del cinescopio, a partir del estudio de sus notas de laboratorio y otros materiales sobre el proceso de invención de las primeras películas de cine, se interpreta a la invención como un proceso cognitivo.<sup>133</sup> Así, se aplica en esta investigación el siguiente marco interpretativo que permite comprender los procesos cognitivos del inventor. La invención es un proceso en que un sujeto manipula tanto un artefacto conceptual (un modelo mental), como un conjunto de artefactos físicos (representaciones mecánicas), para poder crear (inventar) un nuevo objeto. La heurística la constituyen los procedimientos y estrategias mediante los cuales los inventores generan y manipulan representaciones mentales y mecánicas.

#### *a) Modelo Mental*

La visión inventiva de Edison respecto al cinescopio es de crear un aparato que hiciera "para el ojo lo que el fonógrafo hace para el oído". Esta analogía con el fonógrafo es un modelo mental. Sirvió como marco para sus esfuerzos creativos. El

---

<sup>133</sup> Ver Carlson y Gorman (1990).

modelo mental también contemplaba ideas de cómo el invento podría ser utilizado y comercializado. Edison decidió comercializarlo a través de los centros de diversión con fonógrafo ya existentes. Lo concebía para una sola persona, insertando el usuario pagos con monedas. A su vez, decidió no elegir la alternativa de proyección del “tachyscopio”, inventado por su ayudante de investigación Dickson.

*b) Representaciones mecánicas*

Edison no tuvo que inventar nuevas representaciones mecánicas para generar el cinescopio. Más bien, echó mano de algunas de sus invenciones anteriores, artefactos que le permitieron representar mecánicamente las partes constitutivas o conceptuales del cinescopio en ciernes. Es decir, Edison utilizó la estrategia de los “bloques de construcción”.

*c) Heurística*

Primero, Edison fundó un equipo de investigación de dos personas, solamente. Él por una parte, y su ayudante de investigación, Dickson. Luego, segundo, dividió el trabajo. Él se concentró en aspectos eléctricos y mecánicos del cinescopio, asignando los problemas ópticos y fotográficos a su ayudante de investigación. Tercero, Edison proporcionó a Dickson con un modelo mental y representaciones mecánicas. Por su parte, Dickson desarrolló su propio modelo mental y su representación mecánica. En tanto líder del proyecto, fueron los modelos, artefactos e ideas de Edison los prevalecientes. Aquí queda siempre la duda de si sus inventos predominaban por un asunto técnico o del poder.

En suma, tal como se ha sugerido, la invención es la evolución de nuevos artefactos a partir de antecedentes, de artefactos existentes con anterioridad.<sup>134</sup> Debe aclararse, sin embargo, que existen diferentes tipos de antecedentes; que una invención no se basa solamente en un antecedente; y que no es suficiente saber que las invenciones tienen antecedentes. Por lo mismo, se trata de descubrir y saber sobre el acto creativo, como los inventores combinan antecedentes para crear nuevos artefactos.

#### ***D. El proceso de producción de conocimiento tecnológico: Reflexiones***

El enfoque del modo de producción de conocimiento muestra como los cambios en las formas de organizar a las organizaciones y a las instituciones que producen conocimiento ha evolucionado, de las funciones disciplinares en estructuras rígidas hacia la organización transdisciplinar cuyos procesos están organizados en su contexto de aplicación. El enfoque de la creación de conocimiento en la organización descifra el proceso de su producción por interacción ontológica y epistemológica fundada en la creatividad del individuo, cuyo conocimiento tácito atraviesa explícitamente a los grupos y la organización y alcanza el ámbito interorganizacional. El enfoque cognitivo de la invención de tecnología ilustra sobre como el inventor opera tecnológicamente al crear, y también, cómo el innovador decide socialmente al seleccionar determinada tecnología.

---

<sup>134</sup> Ver Basalla (1988).

*Capítulo Dos*  
*Investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México:*  
*El caso del petróleo*

---

*Introducción*

El propósito de este capítulo es analizar los principales rasgos institucionales de la investigación tecnológica del IMP dentro del campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico sobre energía. Se descompone en tres secciones y al final se exponen los principales hallazgos. En la primera sección se revisa la economía institucional de la industria del petróleo en tanto núcleo del sector energético mexicano. En especial, se estudia la economía institucional tanto de PEMEX como de PEMEX Refinación. En la segunda sección se exponen los rasgos institucionales de la creación y evolución institucional del IMP y los otros institutos de su campo organizacional. La tercera examina el cambio institucional reciente en el campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico de la energía, a la luz de la política del poder ejecutivo, así como de la legislación sobre ciencia y tecnología.

## ***2.1 El sector energético mexicano: el caso de la industria del petróleo***

El propósito es ilustrar sobre los principales rasgos de la economía derivada del marco institucional de PEMEX en el campo de la energía en México y su influencia sobre las políticas de transferencia y/o producción doméstica de tecnología. Se divide en dos partes. La primera define los grandes rasgos de la organización económica e institucional de PEMEX en el sector energético mexicano. Tiene dos apartados. Primero se revisan los principales rasgos de la economía institucional del sector energético mexicano. Segundo se analiza las problemáticas centrales de cada División Corporativa de PEMEX. La segunda hace una descripción detallada de las principales características de PEMEX Refinación. Tiene dos apartados. Primero se caracteriza a la industria de la refinación de combustibles en México. Segundo se consideran los rasgos principales del mercado mundial de los catalizadores para refinar combustibles del petróleo.

### ***2.1.1 Economía institucional del sector energético mexicano: El caso de PEMEX***

El objetivo de esta parte es examinar la economía institucional de la industria del petróleo en tanto el pilar de la producción de los energéticos en México. La organización industrial del sector energético mexicano la dictan los mandatos institucionales.<sup>1</sup> Este sector industrial se compone de dos grandes empresas de propiedad pública: La Comisión Federal de Electricidad<sup>2</sup> que produce electricidad y

---

<sup>1</sup> “Tratándose de petróleo y los carburos de hidrogeno..., no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que en su caso se hayan otorgado y la Nación llevará al cabo la explotación de esos productos en los términos que señale la Ley Reglamentaria respectiva. Corresponde exclusivamente a la Nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de un servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la Nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.” *Párrafo 6 del Artículo 27, Constitución Política, EUM, (1917).*

<sup>2</sup> La CFE se fundó en 1937. En 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes y sólo tres empresas ofrecían el servicio de energía eléctrica -con serias dificultades, a siete millones de mexicanos (38% de la población). La oferta

Petróleos Mexicanos,<sup>3</sup> que produce combustibles y petroquímicos del petróleo.<sup>4</sup> Cada una se organiza como un monopolio estatal y actúa, además, como un monopsonio en la economía mexicana.<sup>5</sup> Desde la perspectiva industrial y productiva, la energía generada proviene principalmente del petróleo. La electricidad en México se genera por diversas fuentes:<sup>6</sup> termoeléctrica (del total nacional, 50 por ciento con combustóleo y 30 por ciento con gas natural proporcionados por PEMEX), hidroeléctrica (12 por ciento), nuclear (4 por ciento) y geotérmica y eólica (3 por ciento). Si a lo anterior se suman todos los combustibles necesarios para la maquinaria a base de combustión, el grueso de la energía requerida por la economía mexicana proviene del petróleo. Desde el punto de vista económico la CFE no logra aportar la totalidad de los ingresos requeridos para sus gastos. En efecto, a pesar de haber generado ingresos por 10.3 mil millones de pesos en 2003, la pérdida financiera de la CFE alcanzó los 7.2 mil millones de pesos, lo cual obligó al gobierno a canalizar un subsidio federal por 13 mil millones de pesos en 2003.<sup>7</sup>

Por su parte, la economía y las finanzas de PEMEX son contrastantes. En efecto, si bien aporta un ingreso considerable mediante la exportación de crudo – por 14.4 mil millones de dólares en 2003, su nivel de endeudamiento es

---

no satisfacía la demanda, las interrupciones en el servicio eran constantes y las tarifas muy elevadas. Además, estas empresas se dedicaban principalmente a los mercados más rentables, los urbanos, sin contemplar en sus planes de expansión a las poblaciones rurales (67% de la población). Como respuesta a esta situación, el Gobierno de México creó institucionalmente la Comisión Federal de Electricidad (14 de agosto de 1937). En su primera etapa se dio a la tarea de construir plantas generadoras ([www.cfe.com](http://www.cfe.com), 2004).

<sup>3</sup> La expropiación petrolera (18 de marzo de 1938) originó la creación institucional de PEMEX (junio, 1938).

<sup>4</sup> Ambas son empresas públicas regidas institucionalmente por el Artículo 27° de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos. Aunque las empresas privadas no pueden participar directamente y competir en la industria energética son los principales proveedores de tecnología en forma de procesos, sistemas, equipos, máquinas e insumos necesarios para generar energía en sus diversas modalidades (Ley de Obra Pública). Actualmente, una de las denominadas reformas estructurales es –precisamente, liberar el mercado del petróleo y la electricidad.

<sup>5</sup> En efecto, la capacidad de compra de cada una no sólo es enorme, sino que casi ninguna otra empresa del país demanda el tipo de insumos que compran PEMEX o CFE. En este sentido, la Ley de Obra Pública (1993, 2000), regula precisamente el poder monopsonico de PEMEX y CFE. Les indica como deben procesar sus compras: asignación directa; selección de los participantes; licitación pública.

<sup>6</sup> Ver CFE (2003).

<sup>7</sup> Ver Galaz, Yamasaki y Ruiz (2004).

excesivamente alto e institucionalmente complicado –debido al financiamiento del programa de inversión vía PIDIREGAS. La deuda de PEMEX ascendió en el 2003 a 783 mil millones de pesos y uno de sus componentes más importante es la reserva de pensiones y jubilaciones –que registra 283.7 mil millones de pesos. En contraste, los activos de la empresa crecieron hasta alcanzar 832 mil millones de pesos. Sin embargo, el régimen fiscal de PEMEX le implicó impuestos y derechos por 476 mil millones de pesos -que son el 76 por ciento de sus ingresos totales y representan la tercera parte de los ingresos del gobierno federal. En suma, el resultado durante 2003 fue una pérdida del patrimonio que ascendió 42 mil millones de pesos, es decir, se desplomó 51 por ciento con respecto al 2002, para quedar en tan sólo 49 mil millones de pesos. En suma, PEMEX se encuentra en una “quiebra técnica” dados sus altos niveles de endeudamiento frente a una pérdida de valor en sus activos.<sup>8</sup> PEMEX ocupa actualmente el octavo nivel mundial por su nivel de producción total –que fue de 3.4 millones de barriles diarios durante 2003.<sup>9</sup> El 59 por ciento de esta producción procede de Cantarell en la Zona de Campeche.<sup>10</sup> Se encuentra organizado –desde 1992, en cuatro divisiones corporativas, cada una con diferentes problemáticas económicas y políticas.

En el caso de *Exploración* del petróleo el mercado falla por problemas de información.<sup>11</sup> En efecto, durante 2003, dado el nivel de producción alcanzado, las reservas nacionales de petróleo cayeron en 6 por ciento. Caída que no fue

---

<sup>8</sup> Ver PEMEX (2003).

<sup>9</sup> Petróleos Mexicanos Internacional (PMI) es la subsidiaria de PEMEX encargada de llevar al cabo ventas y compras mundiales. Los principales puertos de embarque de crudo en el Golfo son Cayo Arcos, Dos Bocas, Tuxpan, Ciudad Madero y Pajaritos (aquí se maneja la mayor parte). En la costa del Pacífico están Salina Cruz y Rosarito. Ver PEMEX (2003).

<sup>10</sup> Los principales campos petroleros son: Cantarell, Abkatun, Ku, Caan, Pol y Chic. Ver PEMEX (2003).

<sup>11</sup> Ver Ayala (1996); Schooter (1998); De Gortari (1995).

compensada con un aumento en las reservas probadas a través de actividades de exploración.<sup>12</sup>

La división corporativa responsable de la *Producción* del petróleo representa la fuente más importante de ingresos. Principalmente, por la vía de exportación – que ascendió a 1.75 millones de barriles diarios. Con esto, poco más de la mitad (51.5 por ciento) de los 3.4 millones de barriles diarios de petróleo producidos se exportan. El resto (48.5 por ciento) se refina y consume en México. Sin embargo, la producción nacional solo da cuenta del ochenta por ciento de las necesidades anuales de la economía mexicana, cuyo consumo demanda 2.05 millones de barriles diarios de petrolíferos. Por ello se importan alrededor de 400 mil barriles diarios de petrolíferos, que representan el 20 por ciento del consumo nacional actual.<sup>13</sup>

Con cinco de las seis plantas de refinación de petróleo ya reconfiguradas – esta en curso la de la Refinería de Minatitlán, la división corporativa de la *Refinación* tiene una capacidad instalada de 1.75 millones de barriles diarios. Con la reconfiguración aumentó la capacidad de refinación en un 12 por ciento y se redujeron las importaciones de petrolíferos –como gasolina y diesel, en un 16 por ciento respecto de 2002. Sin embargo, la balanza comercial todavía es deficitaria – asciende a 2.6 mil millones de dólares.

Las divisiones corporativas de *Petroquímica Básica*, y la de *Petroquímica*, mantienen un considerable atraso tecnológico y un pobre desempeño económico.<sup>14</sup> Su capacidad productiva ha sido mermada hasta en un 80 por ciento, debido a la caída de la inversión pública y la cancelación de su posible privatización –objetada

---

<sup>12</sup> Ver PEMEX (2003). En este sentido, si se mantienen constantes los actuales niveles de producción y no se realizan inversiones significativas para una exploración que incorpore reservas probadas, el petróleo mexicano dejará de producirse en alrededor de 12 años.

<sup>13</sup> Ver PEMEX (2003). De estas importaciones, 219 mil barriles diarios corresponden a gasolina y diesel.

<sup>14</sup> Ver PEMEX (2003).

en su momento por el Congreso de la Unión. Actualmente, México es un importador neto de petroquímicos –inclusive, algunos que antes producía para la exportación–, por lo que un número considerable de plantas petroquímicas han sido desmanteladas en los últimos años.

En el caso del *Gas* no asociado a petróleo PEMEX ha impulsado los Contratos de Servicios Múltiples.<sup>15</sup> Aunque han sido objetados políticamente por diversos agentes, continúan siendo utilizados por PEMEX para explotar reservas de gas natural del norte y centro de México, con la participación de capital privado –tanto nacional como extranjero.

Ahora bien, lo anterior es sólo el recuento económico del estado financiero y productivo de la empresa más grande e importante de México. Sin embargo, PEMEX tiene, además, otras dimensiones –institucional y política, sumamente trascendentes y complejas. Por ejemplo, los diputados y senadores son quienes decidirán la futura reforma de las obligaciones fiscales de PEMEX. Necesaria para proseguir con un plan de inversión de largo plazo que haga viable la economía de la empresa. Inclusive, el Sindicato de PEMEX tiene cinco asientos en el Consejo de Administración, situación inédita en otras grandes empresas públicas del mundo. El ejemplo de la actual política del Gobierno Federal y de PEMEX en el pasado es la crítica situación de las reservas. Sin reservas, PEMEX no tendría razón de existencia. Sin embargo, más que por el criterio de mercado, el tema siempre ha estado dominado por los mecanismos y criterios burocráticos de las instituciones y los actores políticos. El efecto real de esta política histórica sobre la exploración de nuevas reservas ha sido su sensible disminución en las últimas dos décadas.

De hecho, el llamado “boom” petrolero (1977 a 1980) bien puede haber sido fruto, más de un fenómeno de legitimación a través del manejo de las cifras, que un

---

<sup>15</sup> Ver PEMEX (2003).

hecho derivado de una investigación técnicamente impecable. En efecto, el Gobierno Federal de México siempre ha jugado con el binomio *reservas probables o probadas*. Inclusive, en su último informe de gobierno, el Presidente de la República informó de un incremento en las reservas de petróleo de México, que después fue desmentido por la Dirección General de PEMEX mismo. Una investigación del Instituto de Investigaciones Sociales de la UNAM,<sup>16</sup> documenta puntualmente un enfrentamiento histórico entre PEMEX y el IMP durante los setenta que marcó la política petrolera de México hasta la fecha. El primero solicitó al segundo desarrollar el plan nacional para la industria del petróleo (1975 a 1976) y luego un recuento de las reservas probables y probadas en México (1977). Cuando el IMP generó el estudio respectivo que arrojó un bajo nivel de reservas probadas, la presidencia y el grupo de funcionarios en control dentro de PEMEX rechazaron las cifras y presentaron a los mercados internacionales sus propias cifras, las cuales no especificaban con claridad entre reservas probables y probadas, elevando estas últimas.<sup>17</sup> En esta lucha desde posiciones institucionales, se enfrentan diferentes intereses por el control y participación en un enorme caudal de recursos. Estos recursos de PEMEX han sido constantemente saqueados mediante actos de corrupción y robo. Los principales actos de corrupción se han cometido por ex funcionarios de alto y medio nivel de la empresa, haciendo fraudes en procesos de compras y en los grandes proyectos de inversión.<sup>18</sup> La corrupción es también practicada diligentemente por funcionarios del sindicato y los partidos

---

<sup>16</sup> Ver De Gortari (1995).

<sup>17</sup> La firma consultora Golyer & Mac Naughton de Dallas certificó en 1977 como reservas probadas en México 14.7 millones de barriles de petróleo mientras que PEMEX reportó 40 millones de barriles de petróleo. Ver De Gortari (1995).

<sup>18</sup> Auditoría Superior de la Federación, Congreso de la Unión (2003). La reconfiguración de la refinería de Cadereyta se presupuestó en 2.9 mil millones de dólares pero costó al cabo de cuatro años –a los contribuyentes, casi 4.5 mil millones de dólares. En la revisión de las cuentas respectivas por la Auditoría Superior de la Federación de la Cámara de Diputados –en 2003, se encontraron diversas irregularidades que sumaron no menos de 2 mil millones de dólares. Principalmente, por fraudes cometidos por funcionarios de PEMEX en contubernio con las empresas contratadas.

políticos a los cuales pertenecen.<sup>19</sup> Deben sumarse los robos de su patrimonio y los productos que fabrica –especialmente de los combustibles.<sup>20</sup>

En resumen, en estos ejemplos los conflictos entre los agentes institucionales sobre las decisiones de PEMEX constituyen su actual dimensión política. Desde el punto de vista económico, prevalecen decisiones de tipo institucional y político sobre las decisiones trascendentes como la inversión en exploración de reservas o el gasto en investigación y desarrollo tecnológico o los cambios más profundos en su organización o para su posible asociación con empresas privadas. Estas decisiones no las puede tomar exclusivamente la empresa con base en criterios técnicos y económicos, sino que, existe una permanente intervención institucional – y corrupción de algunos–, de los diferentes poderes (ejecutivo, ministros de hacienda y de energía, congreso, sindicato).

### ***2.1.2 La refinación de combustibles en México***

El objetivo de esta parte es examinar los principales rasgos de PEMEX Refinación, el corporativo de PEMEX que actualmente transfiere tecnología de catalizadores diseñada por el Área de Catálisis del IMP. Asimismo, se expone también la panorámica general de la industria y mercado mundial de los catalizadores.

---

<sup>19</sup> En el 2002 el IFE sancionó al Partido Revolucionario Institucional con una multa por 500 millones de pesos debido a que utilizó recursos ilegales provenientes de PEMEX para la campaña presidencial del 2000. Además, se encuentra en proceso el juicio penal en contra de los altos funcionarios del Sindicato de PEMEX –hoy senadores o ex diputados, quienes gestionaron este traspaso ilegal.

<sup>20</sup> Desde el mes de marzo del 2004, la Policía Federal Preventiva resguarda y registra los lotes de combustibles fabricados y despachados en las seis refinerías de PEMEX. Asimismo, también vigila los ductos que transportan y distribuyen los combustibles. Las pérdidas anuales de PEMEX por robo de combustible ascendieron en 2003 a 3.2 mil millones de pesos.

### **A. PEMEX Refinación**

La distribución mundial de las capacidades productivas en la industria de la refinación es desigual.<sup>21</sup> Las mayores capacidades de refinación de crudos se encuentran en los EUA, con la quinta parte mundial de plantas. Le siguen Rusia, Japón, China y países Europeos. México cuenta con menos del 1 por ciento de las plantas de refinación mundiales y con casi el 2 por ciento de la refinación mundial de crudo. Al nivel latinoamericano es superado sólo por Brasil (2.2 por ciento del crudo refinado) y al nivel de países en desarrollo, por la India (2.3 por ciento del crudo refinado). Sobresale la presencia de Corea del Sur, con más del 3 por ciento de la capacidad mundial de refinación y con menos del 1 por ciento de las refinerías mundiales. En términos de la capacidad promedio de refinación de crudo por refinería, los resultados son reveladores. La evidencia muestra que los diferentes países tienen diferentes escalas de plantas de producción de combustibles refinados del petróleo.<sup>22</sup> Corea del Sur tiene las refinerías más grandes del mundo, seguido de México y Saudi Arabia. Los EUA se caracterizan por ser el mercado con mayor número de refinerías en la industria, pero con plantas de refinación cuyas escalas son de cuatro a dos veces menores que las de Corea del Sur o de México.<sup>23</sup>

PEMEX Refinación se encuentra compuesto por seis complejos de refinación: Minatitlán (Veracruz), Madero (Tamaulipas), Cadereyta (Nuevo León), Salamanca (Guanajuato), Tula (Hidalgo) y Salina Cruz (Oaxaca).<sup>24</sup> Sus principales

---

<sup>21</sup> Ver Cuadro 2.1.

<sup>22</sup> Ver última columna Cuadro 2.1.

<sup>23</sup> Así, la evidencia permite sugiere la hipótesis de que los mercados locales de estos dos últimos países y Arabia Saudita se caracterizan por estructuras monopólicas. Esto es distinto del resto de los mercados donde el número de participantes en la industria tiende a aumentar y las refinerías a ser más pequeñas. Es posible que estas últimas puedan producir diferentes combustibles para una demanda más diversificada y especializada. Así, al parecer, el caso de mayor de competencia de refinerías y diversificación de la demanda sería el mercado de los EUA.

<sup>24</sup> Salina Cruz (330,000 bbl/d), Tula Hidalgo (320,000 bbl/d), Salamanca (245,000 bbl/d), Cadereyta (275,000 bbl/d), Minatitlan (194,000 bbl/d), Ciudad Madero (320,000 bbl/d).

productos son: gasolina, diesel, turbosina, combustóleo, gasóleo, lubricantes, gas y productos químicos primarios dirigidos a la petroquímica básica. Los principales crudos refinados en sus plantas son el Olmeca, Istmo y Maya.<sup>25</sup>

En términos de catalizadores para refinar combustibles México es uno de los mayores mercados de América Latina, junto con Venezuela y Brasil. Sumando sus participaciones, representan casi las tres cuartas partes del mercado de la región. El proceso de desintegración catalítica (FCC) es el de mayor importancia en la región latinoamericana, incluido México. Sin embargo, el mercado mexicano se diferencia de los demás países por el nicho de hidrodésintegración de residuales, debido a los crudos pesados tipo Maya.

Desde el inicio de los noventa, PEMEX Refinación ha realizado inversiones por más de 12 mil millones de dólares para mejorar la cantidad y calidad de los combustibles producidos en sus seis refinerías. Se han reconvertido sus plantas productivas para procesar una mayor proporción de crudo pesado y transformarlo en combustibles ligeros. La mejora de los combustibles ha sido notable, aunque en el futuro inmediato hará falta disminuir a cero la presencia de ciertos contaminantes – como el azufre. El problema con todas las reconfiguraciones es que han tomado más del doble del tiempo planeado y en todas el costo originalmente programado se disparó al doble o triple del monto inicial.<sup>26</sup> Así, en el lapso de los últimos cinco años, la capacidad de refinación disminuyó, mientras que aumentaron las importaciones y se presionó al sistema de almacenamiento de PEMEX.<sup>27</sup> Las

---

<sup>25</sup> Este último es el más abundante. El petróleo varía en términos de su calidad. Existen algunos de alta calidad que sirven como referencia para la fijación de precios en el mercado mundial. El petróleo tipo West Texas Intermediate (WTI) es uno de ellos, pues cuenta con 40 grados API, una de las graduaciones de calidad más altas al nivel mundial, aunque superado por los crudos saudíes árabes en el medio oriente. El crudo Olmeca es el equivalente mexicano del WTI, pues es muy ligero y tiene entre 39 y 40 grados API, así como un contenido de azufre muy bajo, de 0.8 por ciento. El crudo Istmo tiene entre 33 y 35 grados API, con un contenido de azufre de entre 1.3 y 1.8 por ciento. Finalmente, el crudo maya tiene apenas 22 grados API y un contenido de azufre mayor, de entre 3.5 y 4 por ciento (Rojas, 1998; p1).

<sup>26</sup> El costo se elevó por fraudes en contratos, incumplimiento del proveedor y/o demandas contra PEMEX.

<sup>27</sup> Ver Shields (2003).

importaciones de combustibles continúan al alza, porque, a pesar del crecimiento reciente de la capacidad de refinación –de 14 por ciento, el crecimiento de la demanda de gasolina fue de 117 por ciento entre 1999 y 2003. Esto, a su vez, debido a un crecimiento del parque vehicular en ese mismo lapso –de 36 por ciento.<sup>28</sup>

Por otra parte, el marco fiscal que regula los precios de los combustibles de PEMEX, así como los precios entre sus organismos, desalienta que la inversión en refinerías aumente. Como el fisco recauda la diferencia entre el precio internacional y el precio de venta en México, los precios entre sus organismos significan que las utilidades en PEMEX se contabilizan en el renglón de ventas de crudo. En las demás divisiones se registran pérdidas contables. PEMEX Refinación ha registrado pérdidas contables desde hace varios años, lo cual es insólito para un organismo con varias actividades que tienen un enorme potencial de lucro, como es producir transportar y vender todo tipo de combustible frente a una demanda que aumenta de manera considerable.<sup>29</sup> Esto muestra una política petróleo orientada por actividades de bajo valor agregado.

Finalmente, es muy importante mencionar que durante los noventa, PEMEX Refinación tenía entre sus componentes organizacionales a la *Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico* (1992-2001). Hacia inicios del milenio en medio de una reestructuración del corporativo de PEMEX Refinación esta Gerencia desapareció. Recientemente, PEMEX Refinación anunció que volverá a crear un componente organizacional similar. En su momento, esta *Gerencia* fungió como el

---

<sup>28</sup> Ver PEMEX (2003). Entre 1999 y 2002, la demanda por gasolina tipo Premium aumento 285 por ciento, mientras la gasolina tipo magna a un aumento de 98 por ciento.

<sup>29</sup> Ver Shields (2003). En efecto, empresas extranjeras como Exxon o Shell, tienen 4.5 veces los ingresos brutos que tiene PEMEX, a pesar de que producen menos crudo que PEMEX. Su fortaleza es la alta especialización en procesos de refinación y petroquímica. La industria del petróleo mexicana ha perdido oportunidades históricas al no construir más refinerías para darle valor agregado al petróleo antes de comercializarlo o exportarlo. El caso de Venezuela cada barril de exportado a Estados Unidos exporta también un barril gasolina.

enlace entre el trabajo sobre catalizadores de los investigadores aplicados del IMP y los operarios de los sistemas de producción en PEMEX Refinación. Al parecer, el vínculo con los investigadores básicos fue más débil. Pese a ello, un logro significativo en esta década es que se diseñaron la mayoría de los catalizadores que PEMEX Refinación usa actualmente para desulfurar petróleo (catalizador HDS) y producir diesel y gasolina (catalizador FCC). Sin embargo, con la desaparición de la GIDT, también finalizaron los financiamientos de la investigación y desarrollo tecnológico de catalizadores mediante contratos de asignación directa (1999-2000). En efecto, entre la primera y la segunda mitad de los noventa, el gasto en investigación y desarrollo experimental del Sector de Energía disminuyó del 46 al 41 por ciento. Sin embargo, el gasto en este concepto por PEMEX aumentó su participación del total del 10 al 15 por ciento.<sup>30</sup>

### ***B. Industria y mercado global de catalizadores para refinar petróleo***

La organización de la industria del petróleo registra cambios importantes al nivel mundial durante la última década. En efecto, se han creado mega empresas petroleras mediante una serie de fusiones de las mayores empresas petroleras del mundo.<sup>31</sup> La reorganización de la industria del petróleo orienta a estas mega empresas hacia la producción integral de energía -gasolina, diesel, turbosina, gas, electricidad, otras formas de energía, etc. La industria de refinación del petróleo, en particular, se compone de dos conjuntos de procesos industriales. La refinación

---

<sup>30</sup> Ver Cuadro 2.2; Renglones 1 y 5.

<sup>31</sup> Ver Catalyst Group (2002). Mediante la fusión de Exxon con Mobil Oil (1999), nació la mayor empresa petrolera mundial –registró un valor de mercado de \$238 billones de dólares. Superó la fusión de otros dos gigantes del petróleo: British Petroleum y Amoco (1998), por un valor de mercado de \$146 billones de dólares. Junto con Shell Oil, estas tres empresas son los mayores productores mundiales. Otras fusiones más recientes son: i) Chevron y Texaco (2001), que serán el cuarto refinador mundial; ii) Philips y Conoco (2001), se colocarán como el sexto refinador mundial; Valero Energy y Ultramar (2002) serán el quinto refinador en importancia en los EUA (2002).

primaria transforma el crudo petrolero en combustibles y petroquímicos primarios. La refinación secundaria –petroquímica-, transforma los insumos primarios en toda la gama de petroquímicos específicos utilizados por las diferentes industrias, que a su vez los transforman o integran en otros productos. Los *procesos catalíticos de naturaleza heterogénea* constituyen el método industrial primordial para transformar el crudo de petróleo en combustibles y petroquímicos. Definen tecnológicamente el tipo de planta industrial a construirse para refinar el petróleo. El *catalizador* es una sustancia o elemento químico que acelera reacciones químicas. Es insertado en el *proceso catalítico* como un mecanismo de innovación incremental que permite ajustar la calidad de los crudos del petróleo –dada cierta tecnología de las plantas industriales-, a la calidad ambiental requerida de los combustibles. Entonces, el *catalizador* constituye, junto con el *crudo de petróleo* y la *energía* para el reactor industrial, las tres materias primas más importantes en el proceso de producción de este tipo energéticos.

La industria de catalizadores es global y se ha desarrollado por empresas pertenecientes a grandes conglomerados petroleros. Actualmente, las empresas de Estados Unidos (con el 53 por ciento), Europa (el 36 por ciento) y Japón (7 por ciento) controlan, tanto las materias primas catalíticas y de soporte (metales, tierras raras, zeolitas, alúmina, etc.), como el diseño y producción de catalizadores para cualquier refinería al nivel mundial. El resto de la oferta en el mercado de catalizadores al nivel mundial corresponde a diseños tecnológicos de empresas o institutos de la India (el 1 por ciento) y México –el IMP con el 3 por ciento.<sup>32</sup>

Ninguna empresa participa en todos los segmentos que componen el mercado de catalizadores para refinación de petróleo y sus derivados,<sup>33</sup> aunque, las grandes

---

<sup>32</sup> Ver Oil and Gas Journal (1984, 2001).

<sup>33</sup> Los segmentos del mercado mundial de catalizadores está definido por los principales procesos industriales para refinar y fabricar del petróleo: i) combustibles, ii) productos petroquímicos, iii) químicos finos, y, iv) polímeros;

empresas son multi tecnológicas. Su estrategia principal es manejar una gama de tipos distintos de catalizadores para refinar petróleo y sus derivados. Sin embargo, concentran la mayor parte de su oferta en uno o dos tipos específicos de catalizador. Las empresas de menor tamaño se especializan en algún nicho del mercado. Cuando son exitosas o tiene capacidades estratégicas, tienden a ser absorbidas por las grandes empresas.<sup>34</sup> La investigación y desarrollo tecnológico en la industria de la refinación de combustibles genera principalmente mejoras incrementales, pues los procesos de refinación no han cambiado en lo esencial. La tecnología de refinación evoluciona más por la adicción y actualización de los procesos, equipos y catalizadores, que por destrucción de lo antiguo y sustitución con tecnología novedosa.<sup>35</sup> Aunque, la búsqueda -mediante investigación científica básica y aplicada, de nuevas y la expansión de las actuales fronteras tecnológicas es continua.

En este sentido, trascender la frontera tecnológica significa enfrentar dificultades financieras y técnicas, por lo cual, la estrategia preferida por las empresas globales es la cooperación. Asimismo, en el sentido de la innovación, también la gestión de la organización se ha convertido en una capacidad que eleva la eficiencia de la coordinación de la manufactura, la investigación y la comercialización.<sup>36</sup> En efecto, la mejora de los procesos de innovación organizacional y de gestión consiste en reducir el tiempo entre la investigación inicial y la puesta en marcha de la primera aplicación comercial del catalizador.

---

incluyendo, v) catalizadores para controlar las emisiones al hacer y usar estos tipos de productos.

<sup>34</sup> Ver Bell y Bourgoise (1996); Oil and Gas Journal (1984, 2001).

<sup>35</sup> Ver Bell y Bourgoise, (1996).

<sup>36</sup> Ver Schumpeter (1947); Coriat (2001).

## ***2.2 Génesis y cambio institucional de la investigación tecnológica en el Instituto Mexicano del Petróleo, 1967-2001***

El objetivo de esta sección es analizar la creación institucional del IMP, su evolución institucional y la de otros institutos de su campo organizacional. La primera parte define la génesis institucional del IMP (1965). La segunda parte aborda la evolución del cambio institucional del IMP entre 1965 y 2001. La tercera parte examina los principales cambios institucionales en los decretos de creación (2001), de los demás institutos públicos de investigación del sector energético mexicano: Instituto de Investigaciones Eléctricas (1975), Instituto Nacional de Investigación Nuclear (1972) y el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (1986).

### ***2.2.1 La creación institucional del IMP, 1965***

La creación del IMP se remonta a mediados de los sesenta (1965), cuando el gobierno mexicano decreta la creación de un instituto público dedicado a desarrollar investigación tecnológica especializada en materia petrolera,<sup>37</sup> dada la abundancia de ese recurso en México.<sup>38</sup> Su modo primario de organización es semejante la estructura industrial de PEMEX: Exploración, Producción, Refinación y Petroquímica. Además, para delimitar su particularidad, se le añadieron dos componentes organizacionales distintivos: Uno de *investigación tecnológica* -signo de identidad del IMP a lo largo de su historia-, y otro de *servicios de ingeniería* -su principal función o “core capability” desde entonces y

---

<sup>37</sup> Al principio el IMP nace como una iniciativa de varios ingenieros y técnicos de PEMEX y eventualmente es retomada por la Dirección General de PEMEX y el Gobierno Federal –véase el *Decreto de Creación del IMP* (Agosto 26, 1965); publicado en el Diario Oficial de la Federación. El IMP se crea en parte a imagen y semejanza de los países desarrollados, especialmente, siguiendo la experiencia del Instituto Francés del Petróleo [1948].

<sup>38</sup> Ver Wionczek (1977).

en la actualidad.<sup>39</sup> La función social esperada del IMP ha sido y estriba en su capacidad para producir conocimiento tecnológico aplicado a la industria del petróleo y la energía.

La creación del IMP no fue un hecho aislado en el plano internacional, sino inmerso en un proceso característico de los países en desarrollo desde los años sesenta del siglo pasado. Instituciones similares se crearon en el resto de América Latina y otros países en desarrollo –como la Argentina, Brasil, Colombia, Venezuela, India, Pakistán, etc.<sup>40</sup> Sin embargo, existe una diferencia con similares latinoamericanos. Por ejemplo, el INTEVEP (1974) de PEDEVESA en Venezuela y el CENPES (1963) de PETROBRAS en Brasil, pertenecen a la empresa petrolera nacional respectiva.<sup>41</sup> Esto les facilita realizar pruebas industriales de sus tecnologías, sin las cuales, se obstaculizan de manera definitiva la innovación tecnológica. En cambio, el IMP de México se funda como una organización descentralizada con patrimonio propio que no forma parte de la estructura de PEMEX como empresa. Así, en vez de haber “internalizado” PEMEX la producción de conocimiento tecnológico, se planteó su transferencia desde el ámbito exterior. No se adoptó una solución intra organizacional, entre los propios actores de la organización interesada, cuyas relaciones tienden a ser más estrechas y por ello más eficaces. Con esto, se le limitó al IMP el desarrollo pleno de la capacidad para probar industrialmente los avances tecnológicos en las plantas de refinación y petroquímica. En suma, la cuestión tecnológica se resolvió a partir de

---

<sup>39</sup> Para L. García-Colín Scherer el IMP se creó conforme la estructura industrial de PEMEX, pero con un vicio muy fuerte de origen: era la congeladora política de PEMEX. Es decir, aquellos funcionarios de PEMEX que eran doblegados políticamente por otros funcionarios en la lucha por el control dentro de PEMEX eran enviados al IMP, donde ya no tenían influencia política, pero mantenían privilegios económicos considerables, y aún, realizaban negocios de gran cuantía mediante contratos de servicios para PEMEX. Ver Soria y García-Colín Scherer (2003).

<sup>40</sup> Ver Cuadro 2.1 anexo; Soria (2003a). En los países desarrollados desde la primera mitad del siglo XIX (1842) se fundaron los primeros laboratorios públicos de investigación y servicios tecnológicos de gran envergadura. En los países actualmente en desarrollo este proceso inició un siglo después al de aquellos.

<sup>41</sup> Ver Petrotecnia (2001).

una relación inter organizacional. Es decir, con la creación del IMP se estableció con PEMEX una relación entre proveedor y usuario,<sup>42</sup> tanto en el plano de los servicios tecnológicos como en la investigación y desarrollo tecnológico.

### ***2.2.2. El cambio institucional del IMP, 1965-2001***

El examen puntual de cómo se ha modificado el marco institucional que gobierna al IMP se realiza comparando el Decreto en el principio (1965) con los ajustes realizados recientemente (2001)<sup>43</sup>. La finalidad de este apartado es examinar cómo los cambios del marco institucional –entre 1965 y 2001–, definen con mayor detalle la estructura de gobierno, los principios de organización y los objetivos institucionales del IMP.<sup>44</sup>

#### ***A. Carácter público, objetivos y actividades institucionales del IMP***

El carácter descentralizado y de interés público del IMP se mantiene hasta la actualidad, tal como fue decretado en su origen.<sup>45</sup> Los objetivos institucionales no se han modificado en lo sustancial, sino que tuvo lugar un proceso de adición de objetivos.<sup>46</sup> En efecto, las reformas subsecuentes del Decreto de Creación de 1965 (1974, 1986 y 2001), en lo fundamental, no derogaron los objetivos originales, sino que agregaron otros. Los principales objetivos se agrupan conforme se fueron estableciendo. En 1965: Investigación científica básica y aplicada; desarrollo de disciplinas de investigación científica básica y aplicada; formación de investigadores; difusión de desarrollos científicos y aplicación técnica petrolera;

---

<sup>42</sup> Ver Lundvall (1989).

<sup>43</sup> Modificaciones y reformas del *Decreto de Creación del IMP* de Agosto 26, 1965 publicadas en el Diario oficial de la Federación el día 30 de Octubre, 2001.

<sup>44</sup> Ver Cuadro 2.2.

<sup>45</sup> Ver Cuadro 2.2; Artículo 1.

<sup>46</sup> Ver Cuadro 2.2; Artículo 2.

capacitación de personal obrero. En 1974: Desarrollo de nuevas tecnologías y procesos; estudios técnicos y económicos; proyectos de nuevas instalaciones industriales; servicios tecnológicos; actividades de desarrollo tecnológico al nivel industrial; asistencia técnica; convenios de información, científicos y tecnológicos nacionales y extranjeros; prácticas estudiantiles; capacitación profesional; capacitación obrera, técnica y administrativa; formar maestros, doctores e investigadores. En 1986: Contratación y ejecución de obras y servicios nacionales y extranjeros. En el 2001: Comercialización de productos y servicios resultado de la investigación y el desarrollo tecnológico; formación de recursos humanos al nivel de un posgrado especializado en investigación petrolera. En síntesis, no han desaparecido las actividades institucionales originales sino que otras se han agregando.<sup>47</sup>

### ***B. Estructura de gobierno del IMP***

Las principales modificaciones a sus estructuras consistieron en la definición más precisa en dos niveles, el gobierno y la dirección. El Consejo Directivo tiene como función principal gobernar al IMP dentro de su marco institucional.<sup>48</sup> Los cambios en torno al Consejo Directivo refieren a ampliar y depurar su composición y facultades. En la actualidad se compone de quince integrantes, un presidente y catorce vocales dos de los cuales son independientes.<sup>49</sup> El Director General tiene, a

---

<sup>47</sup> Ver Cuadro 2.2; Artículo 3. Las principales actividades que prevalecen hasta la actualidad son: i) investigación científica básica y aplicada; ii) tecnología de exploración; iii) tecnología de explotación; iv) tecnología de refinación y petroquímica; v) tecnología de materiales; vi) estudios económicos y planeación industrial; vii) ingeniería de proyecto; viii) desarrollo industrial; ix) información y difusión; x) capacitación; xi) promoción académica; xii) servicios administrativos, xiii) servicios de computación; xiv) servicios de electrónica; y, xv) servicios de talleres.

<sup>48</sup> Ver Cuadro 2.2; Artículos 4, 5 Bis, 6 y 6 Bis.

<sup>49</sup> El Director de PEMEX y catorce vocales: cinco representantes de PEMEX, uno de la Secretaría de Energía, uno SEMARNAT, uno de la SHCP, uno de la UNAM, uno del IPN, uno de la UAM, uno de CONACYT, dos vocales independientes. Sus facultades principales son aprobar lo siguiente: i) Nombramiento del Director General del IMP y demás funcionarios; ii) La estructura organizacional; iii) Los programas de actividades; iv) El desempeño del IMP y

su vez, como labor principal *dirigir* al IMP hacia el logro de los objetivos institucionales, según los lineamientos aprobados por el Consejo Directivo. La principal modificación al marco institucional que rige a la Dirección General es la ampliación y delimitación precisa de las facultades conferidas.<sup>50</sup> Entre las distintas funciones destaca la *función organizacional*<sup>51</sup>. En efecto, para alcanzar los objetivos institucionales planteados, este precepto institucional determina que la forma de organizar los procesos y actores dentro de la estructura del IMP será tarea del Director General. El cargo tendrá una duración de cuatro años, con la posibilidad de ser ratificado por un periodo igual.

---

funcionarios responsables; v) La políticas de: fijación de precios de los productos y servicios, la concertación de esquemas de deuda, financiamiento; reservas económicas, donativos; pagos, bienes inmuebles; vi) La celebración de alianzas estratégicas y tecnológicas; vii) Los programas de investigación; viii) La conformación del Consejo Consultivo de Investigación y Formación de Recursos Humanos.

<sup>50</sup> Ver Cuadro 2.2; Artículo 5.

<sup>51</sup> A la letra, el Artículo 5° del Decreto por el que se modifica el diverso por el que se creó el Instituto Mexicano del Petróleo publicado el 26 de agosto de 1965 (2001) dice: “*Emitir* el Manual de *Organización del Instituto*, los reglamentos que regulen sus actividades, así como aprobar y expedir los demás manuales de procedimientos y de servicios al público necesarios para el *mejor* funcionamiento del Instituto, de conformidad con la legislación, reglamentación y normatividad aplicables” (p12; El subrayado es nuestro, no del original). La antepenúltima frase – *mejor funcionamiento*- de este precepto institucional implica el cambio organizacional.

### ***C. Institución de posgrado especializado***

El último cambio importante que amplía las funciones del IMP se da en el sentido de la formación de capital humano. Actualmente, ya imparte enseñanza e investigación científica y tecnológica al nivel de un *posgrado especializado* en el campo del petróleo.<sup>52</sup>

#### ***2.2.3 Cambio institucional en los institutos públicos del campo de la energía en México***

El cambio institucional al principio del milenio (2001),<sup>53</sup> tuvo como propósito reorganizar la estructura de gobierno no sólo del IMP sino también de otros de los principales institutos públicos de investigación y desarrollo tecnológico del sector energético mexicano. Aquí se documenta con precisión una estructura de gobierno homogénea del IMP, el IIE, el ININ<sup>54</sup> y el IMTA, que consiste en:<sup>55</sup> a) Consejo Directivo; b) Dirección General, c) Comité de Vigilancia. A partir de esta estructura de gobierno se establece, a su vez, un determinado arreglo organizacional. Este cambio concuerda con la perspectiva del cambio institucional isomorfo, ya que su característica principal es que se precisan de la misma forma las funciones y responsabilidades de cada uno de estos órganos de gobierno.

---

<sup>52</sup> Ver Cuadro 2.2; Artículo 11.

<sup>53</sup> Secretaría de Gobernación (Octubre 30, 2001), *Diario Oficial de la Federación*: i) “Decreto por el que se modifica el diverso por el que se creó el Instituto Mexicano del Petróleo”, ii) “Se modifica el Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1° de diciembre de 1975, mediante el cual se creó el Instituto de Investigaciones Eléctricas”. iii) “Decreto por el que se creó el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua”, México.

<sup>54</sup> La última reforma a la estructura de Gobierno de este instituto data de 1985. Esto refleja en algún modo que la tecnología nuclear ha descendido en importancia como fuente de energía en el caso de México. Dado que la CFE sólo cuenta con la planta de Laguna Verde, los investigadores han optado por diversificar las líneas de investigación y los servicios del instituto. En especial hacia las ciencias médicas en torno a los procesos de curación de quemaduras de piel.

<sup>55</sup> Ver Cuadro 2.3.

Por otra parte, también en términos de sus objetivos institucionales, todos estos Institutos tienen una orientación relativamente similar.<sup>56</sup> Desarrollar Programas y proyectos de Investigación básica y aplicada; desarrollar y transferir tecnología; en tres de estos, un objetivo institucional es impartir educación de Posgrado; en el resto de los rubros existen diferencias que son específicas de cada instituto. Finalmente, cabe mencionar que todos estos Institutos tienen como actividad común en los hechos proporcionar Servicios técnicos y tecnológicos a la industria energética en ciertos nichos específicos. Con esto, junto con el subsidio federal que reciben algunos de estos, la comercialización de los *Servicios* representa la fuente más importante de sus ingresos.

---

<sup>56</sup> Ver Cuadro 2.4.

### ***2.3 El campo público de investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México***

Una vez establecida la importancia de PEMEX y la Refinación, así como la génesis y evolución institucional del IMP y otros institutos de su campo organizacional, esta sección tiene por objetivo darles contexto dentro del campo público de la investigación y el desarrollo tecnológico sobre energía en México. Se divide en tres partes. La primera comenta experiencias y tendencias de la investigación pública en Europa y América Latina. La segunda define el campo organizacional de la investigación pública sobre energía en México en términos de los agentes institucionales y organizaciones que lo componen. Incluye una medición del gasto en investigación y desarrollo tecnológico –a partir de datos de CONACYT, así como otra medición, mediante las patentes registradas en México por organización –a partir de datos del IMPI. La tercera sintetiza las principales orientaciones de la política científica y tecnológica del gobierno actual en México y revela los principales cambios institucionales emanados de la Ley sobre Ciencia y Tecnología que afectan directamente el campo organizacional de la investigación tecnológica en centros públicos especializados.

#### ***2.3.1 El campo de la investigación pública en otros países***

A pesar de que es en los laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico en las grandes empresas privadas donde se genera la mayor parte de la tecnología, también es importante el papel que juegan los institutos públicos de investigación. Los países más desarrollados del mundo -*Europa, Japón y EUA*-, se caracterizan porque la investigación y el desarrollo tecnológico de interés público se realiza de dos formas. Una mediante programas que otorgan financiamiento

público a organizaciones privadas y públicas. Otra a través de organizaciones públicas con subsidio federal y/o ingresos propios.

La tendencia general indica que la investigación y desarrollo tecnológico financiado con fondos públicos se orienta a satisfacer la investigación en áreas de conocimiento del interés público –como salud, alimentación, seguridad, medio ambiente y energía; al desarrollo de nuevas industrias; y/o, a complementar la investigación privada mediante la realización de investigación básica.

En muchos casos las organizaciones públicas, además de las tareas de investigación, proporcionan todo tipo de servicios tecnológicos especializados y de certificación para la industria.<sup>57</sup> En torno a estos servicios, en Europa y Japón, existe una tendencia de los gobiernos a separarlos de las actividades inminentemente tecnológicas que realizan las organizaciones públicas. Así, estos servicios se han ido privatizando debido a que se juzga marginal su contribución al desarrollo tecnológico de interés público como tal.<sup>58</sup>

La explotación del conocimiento científico y tecnológico producido por universidades e institutos públicos se ha convertido en un fundamento de la política gubernamental en el Reino Unido. El gobierno acercó a los académicos con los industriales en aquellas áreas donde faltaba una mayor vinculación –según la evaluación colectiva de ciertos agentes institucionales.<sup>59</sup> Desde los noventa, las nuevas políticas públicas del gobierno británico se orientan en promover la participación de estos institutos públicos en el mercado, generando una actitud crecientemente competitiva. El gobierno incorporó a “managers” de la innovación

---

<sup>57</sup> Ver Rush (1996); Rath (1997); OECD (2003).

<sup>58</sup> Ver Lawton (1999); Cohen, Duberley y McAuley (1999).

<sup>59</sup> Ver Sheen (1997). Así por ejemplo, en algunos casos, el financiamiento a los investigadores del sector público se dirigió a quienes tenían un proyecto interinstitucional con un co-financiamiento por parte de la industria.

en los institutos. Buscaba orientar hacia el mercado, ligando la actividad de los investigadores con las demandas de la industria y/o los consumidores.<sup>60</sup>

Sin embargo, esto no siempre va de acuerdo con la perspectiva de los investigadores en estas organizaciones. Así, en un estudio se examinan las formas en que los investigadores científicos aceptan y le dan sentido a la nueva orientación “gerencial y de mercado” en los institutos públicos.<sup>61</sup> A diferencia de las administraciones gubernamentales anteriores, la de orientación gerencial y de mercado busca aumentar el control del trabajo científico, dirigiéndolo a oportunidades específicas en el mercado. El problema con esta nueva orientación es que se contrapone muchas veces a los intereses científicos y aspiraciones profesionales de los investigadores.<sup>62</sup>

El estudio concluye que la relación entablada entre los managers (con orientación de mercado) y los investigadores científicos (interés profesional e interés por la ciencia) es de carácter negociado.<sup>63</sup> El científico no puede orientarse exclusivamente por el desarrollo de la ciencia pura; pero tampoco, el manager puede imponer un control estricto de la actividad científica y orientarla exclusivamente a las demandas del mercado.

Actualmente, las tendencias generales en el campo de los institutos públicos de investigación y desarrollo tecnológico de algunos países de Europa (Alemania, Inglaterra, Francia, Hungría, Noruega) y en Japón, se encuentran en marcha algunos de los siguientes procesos:<sup>64</sup> reforma institucional del campo

---

<sup>60</sup> Ver Cohen, Duberley y McAuley (1999).

<sup>61</sup> Ibid.

<sup>62</sup> Ibid. En este sentido, los científicos llegan a interpretar esta creciente orientación competitiva como un fenómeno que no es conciliable con las nociones de ciencia e intereses profesionales y aspiraciones personales característicos de la modernidad del anterior siglo. Para los científicos el creciente control gerencial cambió la percepción según la cual su trabajo estaba ligado a sus intereses científicos. Actualmente, esos intereses están siendo circunscritos a las necesidades y demandas que deciden los administradores profesionales.

<sup>63</sup> Ibid.

<sup>64</sup> Ver Rush (1996); Rath (1997); Lawton (1999); Cohen (2000), OECD (2004a); OECD (2004b); OECD (2004c); OECD (2004d); OECD (2004e).

organizacional; privatización de ciertas organizaciones públicas o sus partes dedicadas a servicios; cambio organizacional de la investigación tecnológica y con orientación hacia el mercado de ciertas partes; introducción de nuevas prácticas de gestión administrativa de la investigación y desarrollo tecnológico; disminución de subsidios o reformulación de las reglas para obtener financiamiento público para la investigación tecnológica.

En América Latina, existen cambios que reflejan condiciones y modalidades de apropiación y comercialización de los resultados de la investigación de universidades o institutos públicos. Antes esto era visto como algo extraordinario y contra el interés público.<sup>65</sup> En la actualidad, proteger los resultados de la investigación mediante figuras de propiedad intelectual se ha transformado en una política.<sup>66</sup> En la situación de América Latina predominan diferencias profundas respecto de los países industrializados. Aunque existen políticas para vincular más al sector público productor de conocimiento con la empresa, los sistemas públicos de producción de ciencia y tecnología todavía no tienen muchos vínculos concretos. Debido a la cultura tecnológica de las empresas, en las que predomina la actividad de adaptación y mejoras, limitada o pasiva o nula por sus repercusiones sobre el sector de la ciencia.<sup>67</sup> Inclusive, en los casos exitosos o eficaces de vinculación se muestra como las relaciones informales juegan un papel más importante para producir conocimiento que el arreglo institucional formal. La política tecnológica sigue aplicando un paradigma científico tradicional que impone límites objetivos para la interacción entre la universidad y los institutos y las empresas.<sup>68</sup>

---

<sup>65</sup> Ver Correa (1998).

<sup>66</sup> Ver Aboites y Soria (1999).

<sup>67</sup> Ver Correa (1998).

<sup>68</sup> Ibid.

Cabe señalar la importancia de los servicios tecnológicos y técnicos prestados por los institutos –antes que las investigaciones, y que constituyen una experiencia importante de vinculación y fuente de ingresos. Actualmente, por lo mismo, es necesario examinar en profundidad el papel que cabe a la universidad o los institutos públicos que prestan estos servicios a una industria en determinada región.<sup>69</sup>

En la última década las instituciones públicas de investigación han cambiado mediante procesos de reorganización. Las tendencias actuales de la reorganización de la investigación convergen en un objetivo común.<sup>70</sup> Es la búsqueda de modelos organizacionales que tengan condiciones de competitividad; capacidad propia de captación de recursos; agilidad y flexibilidad para responder a las demandas; y capacidad de seguimiento permanente de su entorno (científico, económico, social, etc.). El objetivo del cambio institucional es hacer a la organización más competitiva, ampliando su grado de autonomía administrativa, financiera, patrimonial y de recursos humanos; su flexibilidad institucional y su capacidad de monitoreo y percepción de tendencias.

Un estudio acerca de organizaciones estatales de investigación agropecuaria en Brasil analizó el proceso innovador y la reorganización de estos institutos públicos de innovación.<sup>71</sup> Tres conclusiones arrojó el estudio. La primera se refiere al hecho de que el tamaño y antigüedad de cada organización no fue relativamente importante en términos de la efectividad del cambio organizacional. Tanto las organizaciones grandes y medianas como las pequeñas lograron tanto resultados negativos como positivos. La segunda conclusión afirma que las instituciones mejor calificadas consiguieron mayor apoyo de los gobiernos en términos de

---

<sup>69</sup> Ver Correa (1998).

<sup>70</sup> Ver Salles Fihlo, Bonacelli y Mello (1998).

<sup>71</sup> Ibid.

financiamiento, autonomía flexibilidad y monitoreo. La tercera afirma que las organizaciones mejor posicionadas a lo largo del tiempo tienen todavía un largo camino por recorrer en términos de un mejor posicionamiento en la actual realidad de la innovación.

Por su parte, un estudio sobre México afirma que es necesario analizar las interacciones y vinculaciones entre agentes institucionales para producir y aplicar conocimiento tecnológico –como paso previo en el análisis de los procesos de innovación.<sup>72</sup> Trata de indagar si los procesos de construcción de redes entre actores distintos van avanzando progresivamente hacia el modelo no lineal de desarrollo tecnológico. Considera el estudio de los procesos dinámicos de formación de redes en los cuales se transmite conocimientos, tácitos y codificados, que a larga puedan generar procesos innovadores en sectores económicos de relevancia para el desarrollo regional. La creación de espacios regionales de conocimiento refleja una situación que es característica de México y otras regiones en desarrollo, donde se presenta un proceso innovador limitado. En suma, necesario documentar los factores que conducen a la formación de estos espacios y que constituyen ambientes favorables para innovar a nivel regional.

Un caso concreto aborda la vinculación entre universidades públicas estatales al colaborar con las empresas de la región –Nuevo León, Jalisco, Morelos y San Luis Potosí. En especial las relaciones orientadas a investigación y a la provisión de servicios de diferentes tipos al sector productivo.<sup>73</sup> Otro estudio de caso aborda el tema del conocimiento compartido en el campo de los materiales en México. Analiza los flujos de conocimiento que están contribuyendo a la generación de

---

<sup>72</sup> Ver Casas (2001).

<sup>73</sup> Ver Luna (2001).

capacidades científicas y tecnológicas para solucionar problemas en el área materiales en México en dos regiones distintas –Querétaro y Chihuahua.<sup>74</sup>

### ***2.3.2 Campo organizacional de la investigación pública sobre energía en México***

El propósito de esta parte es definir el campo organizacional de la investigación pública sobre energía en México. Se divide en dos apartados. *Primero* se define dicho campo organizacional a partir de los diferentes agentes institucionales que participan en el proceso económico y social de la investigación y desarrollo tecnológico en México. *Segundo* se dimensiona la capacidad tecnológica del campo organizacional a través de la interpretación de los registros de patentes y el gasto en investigación y desarrollo tecnológico.

#### ***A. Campo organizacional y agentes institucionales de la investigación pública sobre energía en México, 1965-2003***

Como se afirmó antes, este campo organizacional inicia su conformación con la creación del IMP (1965). A diferencia de los países desarrollados, en donde la mayor parte de la investigación y desarrollo tecnológico es realizada por las empresas privadas. En México, el sistema de Ciencia y Tecnología ha sido impulsado históricamente por el Gobierno Federal o ciertas empresas del sector público. En lo fundamental, la empresa privada mexicana invierte más recursos en transferir y adaptar la tecnología adquirida en el exterior, que para desarrollar tecnología propia.

El campo organizacional<sup>75</sup> de la investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México involucra la acción y relación de diversas organizaciones y

---

<sup>74</sup> Ver De Gortari (2001).

agentes institucionales, la mayoría de interés público.<sup>76</sup> Como se puede observar, salvo el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua<sup>77</sup> (1986), ligado a la Comisión Nacional del Agua –que no es empresa, las organizaciones de investigación pública están ligadas a la industria eléctrica y petrolera. En efecto, el Instituto Mexicano del Petróleo (1965) está vinculado a PEMEX (1938), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (1975) a la CFE (1937), y el Instituto Nacional de Investigación Nuclear (1972, 1979) a la planta núcleo eléctrica de Laguna Verde de la CFE (1975).

Por su parte, los recursos humanos de estos institutos de investigación provienen en su mayoría de las universidades públicas: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), Instituto Politécnico Nacional (IPN) y el CINVESTAV. Todos estos institutos mantienen relaciones académicas con algunas o todas estas universidades. Principalmente, a través de la incorporación de estudiantes de licenciatura y posgrado a investigaciones en curso. También, existen programas de intercambio y cooperación en proyectos específicos de investigación y desarrollo tecnológico.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por su parte, es la institución pública rectora de la investigación y desarrollo tecnológico y por tanto establece las políticas públicas y actúa como el agente central del Gobierno

---

<sup>75</sup> Los campos organizacionales altamente estructurados proporcionan un contexto donde los individuos se esfuerzan por racionalizar la incertidumbre. Ver Powell y Dimaggio (1991). La idea abarca tanto la conexión como la equivalencia estructural. La estructura de un campo organizacional no puede determinarse a priori sino a través de la investigación empírica de: i) el aumento en la intensidad de interacción entre organizaciones del campo, ii) el surgimiento de estructuras interorganizacionales de dominio y patrones de coalición, iii) un incremento en la carga de información de las organizaciones, iv) el desarrollo de la conciencia entre los participantes de un conjunto de organizaciones de que están en una empresa común. En estos campos, los actores organizacionales que toman las decisiones racionales construyen a largo plazo un ambiente que limita su habilidad para cambiar en el futuro. Ver Powell y Dimaggio (1991). Primero, algunos adoptan innovaciones organizacionales que buscan mejorar su desempeño. Segundo, conforme se difunde la innovación, se llega a un umbral donde ya no mejora el desempeño. Tercero, este proceso sí proporciona legitimidad. Así, las organizaciones pueden tratar siempre de cambiar, pero, después de un punto dado en la estructuración de un campo organizacional, el efecto del cambio individual es reducir, no aumentar, el grado de diversidad dentro del campo. Este es el proceso de homogenización, en otras palabras, de isomorfismo.

<sup>76</sup> Ver Diagrama 2.1.

<sup>77</sup> Aunque sus principales clientes son: PEMEX y CFE, pues algunos de sus procesos productivos implican un extenso uso de agua.

Federal para regular y promover la *Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico* de la sociedad y la economía mexicanas.

Por su jurisdicción en temas del financiamiento público, una de las instituciones clave en este campo organizacional es la Secretaría de Hacienda. En efecto, establece en los Convenios de Desempeño las *normas* bajo las cuales las entidades públicas podrán hacer uso de los mecanismos financieros establecidos en la Ley de Ciencia y Tecnología (1999, 2002) para la operación financiera de los Centro Públicos de Investigación que promueve CONACYT.

Sin embargo, existen otros agentes institucionales como el Poder Ejecutivo (Secretaría de Energía, la Comisión Reguladora de Energía, etc.), que controlan alguna forma de intervención directa cuando aplican ciertos procesos organizativos en el sector energético. También, interviene el Poder Legislativo, pues, sólo el Congreso de la Unión puede realizar el cambio de las regulaciones institucionales.

Finalmente, cabe mencionar que las empresas extranjeras son los principales proveedores de la maquinaria, equipo, tecnología y materiales utilizados, tanto por los institutos para sus actividades de investigación y tecnología, como por las empresas públicas para proporcionar o fabricar los productos y servicios que ofrecen. Así, esta es una relación importante dentro del campo organizacional. Se considera relevante por sus implicaciones económicas y por las posibilidades de aprendizaje tecnológico que entraña.

En síntesis, todos estos agentes institucionales intervienen en el campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México de carácter público. Este campo organizacional se encuentra gobernado por dos tipos de fuerzas, que actúan al mismo tiempo y con diferentes efectos sobre los agentes en su fuerza y su comportamiento dentro del campo. Por una parte, están las instituciones constituidas en el país para tratar el fenómeno de la energía como

industria y el poder que de estas emana. Por la otra están, el mercado –que es el ámbito de la innovación concreta, y la competencia económica de la industria del petróleo.

### ***B. Gasto en investigación y patentes en el sector energético mexicano, 1980-2001***

La tendencia registrada por el gasto federal en ciencia y tecnología del sector energético mexicano indica un aumento en la última década –al pasar de 19 a 26 por ciento del total entre la primera y la segunda mitad de los noventa.<sup>78</sup> Dentro del sector energético, casi la totalidad del gasto federal en ciencia y tecnología (GFCT), así como del gasto en investigación y desarrollo experimental (GIDE), lo ejercieron cuatro instituciones de este campo organizacional:

i) IMP: Su participación en el GFCT descendió –de 49 a 40 por ciento, aunque, la proporción en términos de GIDE aumentó moderadamente –de 42 a 44 por ciento.<sup>79</sup>

ii) IIE: Su participación en el GFCT se desplomó –del 18 a 7 por ciento, aunque, al igual que la proporción en el GIDE –de 28 a 12 por ciento.<sup>80</sup>

iii) ININ: Su participación en el GFCT también descendió significativamente –de 12 a 6 por ciento, aunque, su proporción en términos de GIDE su aumentó ligeramente –de 8 a 9 por ciento.<sup>81</sup>

iv) PEMEX: Su participación en el GFCT se acrecentó sustancialmente –de 19 a 47 por ciento, al igual que su proporción en términos de GIDE –de 21 a 36 por ciento.<sup>82</sup>

---

<sup>78</sup> Ver Cuadro 2.5, Renglón 1.

<sup>79</sup> Ver Cuadro 2.5, Renglón 2.1.

<sup>80</sup> Ver Cuadro 2.5, Renglón 2.2.

<sup>81</sup> Ver Cuadro 2.5, Renglón 2.3.

<sup>82</sup> Ver Cuadro 2.5, Renglón 2.4.

En suma, el IIE es la organización que registró los mayores descensos en ambos indicadores –el GFCT y el GIDE. Por su parte, en los casos del ININ y el IMP son similares. En ambos desciende el GFCT, pero aumenta ligeramente el GIDE –más exacto para efectos de medir actividades de investigación y desarrollo tecnológico. Por su parte, el aumento en ambos tipos de gasto por parte de PEMEX fue sobresaliente. Como veremos, al parecer esto explica el incremento en el financiamiento a los catalizadores del IMP por parte de PEMEX Refinación durante los noventa.<sup>83</sup>

Dentro del sector energético, sobresale el IMP por su participación en el GFCT y el GIDE –cuyo porcentaje entre 1996 y 2001 asciende a poco más de las dos quintas partes. Esta magnitud es elevada si se compara con el gasto asignado a los otros institutos –el IIE y el ININ. En efecto, ninguna otra institución de su tipo alcanza su nivel de gasto de operación –que ascendió a casi tres mil millones de pesos en 2001.<sup>84</sup> Al agregar el gasto del IMP y PEMEX se obtiene que el sector petrolero ejerció la mayor parte –entre 1996 y 2001, esto es, el 87 por ciento GFCT y el 79 por ciento del GIDE. Por el contrario, el gasto asignado al sector eléctrico y nuclear se desplomó –hasta un nivel de 13 por ciento el GFCT y 21 por ciento el GIDE.

En términos de la tecnología registrada en las patentes,<sup>85</sup> el sector energético concentra la mayor parte –el 60 por ciento entre las 10 organizaciones con más patentes y el 13 por ciento del total registrado en México entre 1980 y 2001. El IMP destaca como la organización con más patentes registradas en México –el 12

---

<sup>83</sup> A través de la GIDT; véase Capítulo Cuatro, Sección I, y Capítulo Cinco, Sección I.

<sup>84</sup> Ver IMP (2002).

<sup>85</sup> Ver Cuadro 2.6, Renglones 1 y 2.

por ciento del total registrado en México y el 60 por ciento entre las 10 organizaciones con más patentes entre 1980 y 2001.<sup>86</sup>

En suma, de los indicadores de gasto en investigación y desarrollo tecnológico y de patentes consultados se desprende que al campo de la energía se le asigna la cuarta parte del GFCT. Dentro del sector energético el subsector petrolero ejerce el grueso del GFCT y del GIDE. En especial, destacan el IMP como la principal institución pública que desarrolla investigación y tecnología en México, así como el significativo aumento en el gasto de investigación y desarrollo tecnológico de PEMEX durante la segunda mitad de los noventa.

### ***2.3.3 Política y legislación sobre Ciencia y Tecnología en México, 1999-2006***

Esta parte tiene por objetivo revisar la política del gobierno actual y el marco institucional sobre de la investigación y desarrollo tecnológico en México. Tiene dos apartados. El primero define ciertos criterios de política científica y tecnológica en los inicios del actual gobierno. El segundo analiza los principales cambios en la legislación sobre Ciencia y Tecnología durante el mandato del actual Gobierno Federal.

#### ***A. Política científica y tecnológica del gobierno federal***

Al inicio del actual Gobierno, se anunció que habría cambios en la forma de investigar y de obtener financiamiento.<sup>87</sup> Sin embargo, el *Programa Especial de*

---

<sup>86</sup> Ver Cuadro 2.6, Renglón 1.

<sup>87</sup> Véase la entrevista realizada por C. Herrera B. de *La Jornada*, al Director del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Ing. Jaime Parada, el Lunes 26 de Febrero de 2001. Su origen y actividad empresarial rompe con el perfil de anteriores directores del CONACYT, provenientes del ámbito académico de las ciencias duras.

*Ciencia y Tecnología, 2001-2006*<sup>88</sup> retomó en buena parte el marco derivado de la *Ley de Fomento de la Ciencia y Tecnología (1999)*<sup>89</sup>, de la administración federal anterior.

El nuevo objetivo de la política es “hacer de la tecnología un negocio”. Las actividades para su desarrollo ya no podrían seguir siendo financiadas sólo por el gobierno con dinero público.<sup>90</sup> Las organizaciones especializadas y las empresas tendrán que generar una fuente de “ganancias derivadas de la aplicación científica”. El compromiso de esta administración será aumentar los recursos, pero también, hacer una cruzada para diversificar las fuentes de financiamiento. La meta es entonces, aliviar la carga de los subsidios federales a la ciencia y la tecnología al "alinear la capacidad intelectual a la demanda" productiva. Con esto, se busca orientar hacia el mercado a ciertas organizaciones del campo de la ciencia y tecnología. En México, algunas organizaciones ya están orientadas al mercado en determinados nichos de Servicios técnicos y tecnológicos (IMP, IIE, IMTA, ININ, etc.), siendo significativamente menor el monto invertido en actividades para el desarrollo de tecnología como tal.

La interpretación del actual Gobierno Federal sobre la orientación del tema de la ciencia y tecnología, apuntan hacia una política pública en la que el investigador, los científicos y tecnólogos mexicanos podrían “aprovechar esta nueva visión y obtener más recursos”. A través de consultorías y proyectos con la empresa o estableciendo contratos para obtener recursos adicionales. Las

---

<sup>88</sup> Ver CONACYT (2001). Véase también en la página [www.conacyt.gob.mx](http://www.conacyt.gob.mx).

<sup>89</sup> Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de mayo de 1999; Soria (2003b).

<sup>90</sup> Es importante no confundir el desarrollo de la tecnología como tal que corresponde a las empresas que compiten en el mercado. Con el como los gobiernos desarrollan sistemas públicos de investigación y desarrollo tecnológico que son en todo caso, complementarios al sistema industrial de investigación y desarrollo tecnológico. La transferencia tecnológica es la forma más común de gasto en investigación y desarrollo tecnológico de las empresas privadas residentes en México. Son pocas empresas mexicanas las que desarrollan sus propios medios tecnológicos. Por esto, precisamente, es necesaria la participación pública.

universidades y los investigadores harán tanto investigación como impartir docencia. En síntesis, no sólo se considera el financiamiento insuficiente, sino que, los actores de la investigación y desarrollo tecnológico público en México deberán ser, además de investigadores, docentes, consultores y/o asesores.

Otro cambio de esta política consiste en que el CONACYT, el gobierno y las dependencias definen las prioridades nacionales de investigación con base en las necesidades sociales. Se crean “bolsas” de recursos por los cuales concursan los investigadores y las organizaciones, mediante proyectos que presenten. Los criterios para otorgar recursos serían los siguientes: –a) Que la investigación esté ligada siempre a la formación de recursos humanos. –b) El investigador debe ser altamente productivo en cuanto al número de publicaciones originales. –c) Que la investigación tenga presencia y aceptación internacional.

Por último, cabe señalar que los acontecimientos de los últimos meses indican una política tecnológica incierta desplegada por las instituciones federales – en especial la Presidencia de la República, hacia el campo de la investigación y desarrollo tecnológico con financiamiento público. Un primer ejemplo es la creación del Instituto Mexicano de Investigaciones Genómicas, aprobada por el Congreso de la Unión en abril pasado.<sup>91</sup> El Presidente de la República, sin embargo, no sólo expresó dudas cuando firmó el decreto de creación, sino que posteriormente, anunció la creación paralela del Centro Mexicano de Ciencias Genómicas, financiado a través de la Secretaría de Salud. Eran dos proyectos de investigación sobre el mismo tipo de actividad pero con distintos criterios de política. Eventualmente, no se han cristalizado ni una ni otra de las opciones, lo cual indica un desatino de la política científica y tecnológica en México. En otro

---

<sup>91</sup> Ver Diario Oficial de la Federación (Abril, 2004). Sería una organización descentralizada con autonomía y patrimonio –propio como el IMP. Sin embargo, algunos funcionarios y diputados del PAN han externado rechazo a la posibilidad de que este Instituto haga investigación sobre células troncales humanas.

ejemplo importante, el Congreso de la Unión aprobó en julio de 2004,<sup>92</sup> que a partir de 2006 se realizaría un gasto en ciencia, investigación y desarrollo tecnológico equivalente al 1 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB), lo cual implicaba aumentar el porcentaje para 2005 hasta un nivel de alrededor de .75 por ciento del PIB. Sin embargo, en el proyecto de egresos enviado en 2004 al Congreso de la Unión por la Presidencia de la República a través de la secretaría de Hacienda, se registró tan solo el .38 por ciento del PIB.

Asimismo, al respecto cabe señalar, que durante 2004 el sector de educación superior sufrió una caída real de su gasto disponible.<sup>93</sup> Esta merma fue aun mayor en el ámbito de los institutos públicos de investigación científica y tecnológica. En estos se ha optado por despedir personal calificado con nivel de posgrado –pero sin proyecto de investigación que facture–, manteniendo al personal ligado a servicios quienes son la principal fuente de recursos de estas organizaciones.

### ***B. Ley de Ciencia y Tecnología: Efecto institucional sobre el campo organizacional, 1999-2002***

Hacia finales de los noventa y en el umbral del nuevo milenio se instituyó un nuevo esquema de regulación de la ciencia y tecnología en México. Se sintetizan los principales aspectos relativos a las organizaciones públicas de investigación y desarrollo tecnológico a continuación.<sup>94</sup>

Es relativamente reciente el último decreto que publica la nueva *Ley de Ciencia y Tecnología*<sup>95</sup> que, a su vez, retomó los principales mecanismos de regulación planteados desde la *Ley para el Fomento de la Investigación Científica y Tecnológica*. La legislación actual establece -desde 1999- que el Gobierno

---

<sup>92</sup> Ver Diario Oficial de la Federación (Abril, 2004).

<sup>93</sup> Ver Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación, Presidencia de la República (Septiembre, 2004.)

<sup>94</sup> Ver Cuadro 2.7.

<sup>95</sup> Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de Junio del 2002; Soria (2003b).

Federal utilizará determinados instrumentos y regulaciones para desarrollar la investigación científica y tecnológica. Define al Sistema Nacional Ciencia y Tecnología en tres sentidos. rá coordinado por CONACYT; contempla tanto la política de Estado y programas específicos; así como a las diferentes redes, instituciones y organizaciones dedicadas a la investigación científica y tecnológica.<sup>96</sup>

Entre las nuevas figuras institucionales, el actual marco estableció la de *Centro Público de Investigación* (CPI). Existe desde la Ley de 1999 y fue ratificada en 2002.<sup>97</sup> Básicamente, se trata de otorgarles más autonomía a estas organizaciones a través de un cambio institucional isomorfo de las estructuras de gobierno;<sup>98</sup> y, en la organización financiera y administración fiscal de los recursos públicos.<sup>99</sup> La figura de CPI tiene entonces un objeto dual: proporcionar servicios a la industria e investigar para desarrollar tecnología; cuyas ventas a través del mercado produzcan beneficios;<sup>100</sup> e, impartir docencia al nivel de posgrado y preparar recursos humanos.<sup>101</sup>

Un cambio importante, que era necesario para consolidar a un CPI, es la forma de organizar el financiamiento para la investigación y desarrollo tecnológico sobre la base de recursos propios o capacidad de negociación. Según la política pública vigente en este Gobierno, esta actividad no podría ser ya financiada completamente por el Gobierno Federal.<sup>102</sup> En este marco institucional se ideó el siguiente mecanismo.<sup>103</sup> Las organizaciones públicas dedicadas a la investigación y

---

<sup>96</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglones 1 al 4; Ley de Ciencia y Tecnología (2002).

<sup>97</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglón 5.

<sup>98</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglón 6; En el siguiente apartado se aborda el examen de las estructuras de gobierno emanadas de los decretos que establecen a este tipo de organizaciones.

<sup>99</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglones 10 y 12.

<sup>100</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglones 7 y 9.

<sup>101</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglón 8.

<sup>102</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglones 3, 9 y 10.

<sup>103</sup> Aunque es significativamente más rentable el rubro Servicios de bajo o medio contenido tecnológico, que el de desarrollo tecnológico.

desarrollo tecnológico podrán comercializar sus productos y servicios. Las ganancias o excedentes generados se depositan a un fideicomiso de la institución. Desde allí los recursos podrán ser asignados –previa aprobación del Consejo Directivo de cada institución- a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico. Este esquema exige una autorización de la Secretaría de Hacienda, mediante la firma de un Convenio de Desempeño en materia Fiscal. Este mecanismo implica indudables ventajas, pues el centro público de investigación es más autónomo porque cuenta con recursos propios o capacidad para negociar líneas externas de apoyo no gubernamentales o de financiamiento vía fondos CONACYT. El nuevo esquema aligera la carga de transferencias y subsidios del Gobierno Federal. Asimismo, se mantiene un subsidio indirecto a través de la Secretaría de Hacienda, pues a este tipo de instituciones se les exime de la obligación de pago de impuestos.<sup>104</sup>

Finalmente, para completar el paquete de cambios dirigidos a este campo organizacional, esta legislación fue la que estableció el cambio institucional isomorfo de las estructuras de gobierno de los CPI –como se vio en la sección anterior.<sup>105</sup> En efecto, las organizaciones elegibles para ser instituidas como CPI en el campo de la energía tienen estructuras de gobierno casi idénticas. Así, estos cambios de la Ley entre 1999 y 2002 fueron el contexto dentro del cual se modificó –como ya hemos visto, el marco institucional que adicionó y reformó los Decretos de Creación (2001), de los cuatro principales institutos de investigación y desarrollo tecnológico en el campo de la energía en México.

---

<sup>104</sup> Bajo el argumento de la utilidad pública de la ciencia y la tecnología desarrollada por instancias públicas de la Sociedad.

<sup>105</sup> Ver Cuadro 2.7, Renglón 11.

## ***2.4 Hallazgos y reflexiones***

PEMEX constituye el pilar del sector energético mexicano, alimenta las finanzas públicas y tiene una situación financiera crítica por el alto nivel de su deuda. Este estado crítico y actual arreglo institucional de la economía del sector petrolero mexicano tiende a generar una baja propensión de gasto para desarrollar tecnología y cuyo efecto es debilitar los procesos de aprendizaje tecnológico local. Históricamente, la política energética de PEMEX ha conducido a producir crudo del petróleo para exportación, una mercancía de bajo valor agregado comparada con los combustibles y petroquímicos. Esto desalienta el desarrollo de tecnología en el IMP, al demandarse más servicios técnicos y tecnológicos para la exploración y producción de petróleo de exportación, que invenciones e innovaciones tecnológicas para la refinación de combustibles y petroquímicos. Si bien la Política Tecnológica de PEMEX Refinación ha sido transferir tecnología extranjera, en su historia hay también una experiencia de una política específica de desarrollo tecnológico doméstico de catalizadores junto con un grupo seleccionado de empresas extranjeras que actúan como “socios tecnológicos” del IMP. El mercado mundial de catalizadores está controlado por estas empresas extranjeras pertenecientes a los grandes conglomerados petroleros con alcance económico global. Sus innovaciones de catalizadores son principalmente del tipo incremental.

La creación del IMP en 1965 fue una innovación institucional sin precedentes en el ámbito de la investigación y desarrollo tecnológico en México. Con la creación de esta primera organización especializada se inició la conformación del campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico en energía. Esta primera fase es innovadora, tanto en el campo organizacional de la energía en el México de los sesenta, como en lo

intraorganizacional, ya que se estaban inventando las primeras estructuras profesionales de investigación científica y desarrollo tecnológico en México. Así, el desarrollo de tecnología doméstica se convirtió en una *Política de Estado* orientada a desarrollar capacidades tecnológicas propias empezando por el sector energético mexicano. La actividad institucional principal del IMP estriba, entonces, en su capacidad para producir conocimiento tecnológico para su aplicación en la industria del petróleo y la energía. En México constituye actualmente la organización pública con el mayor gasto en investigación y desarrollo tecnológico, así como por el número de patentes.

El cambio institucional dentro del campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico sobre energía (2001), indica un cambio isomorfo de tipo burocrático y coercitivo, y no tanto un cambio competitivo. Los cambios en la Ley, los Decretos y la Política Pública del Gobierno, no contribuyeron a desencadenar la transformación organizacional de todos estos institutos (IIE, ININ, IMTA). Sólo en el IMP se desencadenó un significativo cambio de la estructura formal de organización (1999-2003). El cambio institucional profundizó la función social del IMP como organización de interés público al ampliar a las funciones sustantivas de investigación tecnológica y servicios tecnológicos, las de docencia y actividades comerciales. También generó una mayor autonomía económica, organizativa y legal al depurarse las estructuras de gobierno y dirección. Este proceso institucional es isomorfo en dos sentidos. Primero, imita la estructura productiva de la industria que pretende servir (PEMEX). Segundo, imita algunos de los cambios en institutos de investigación y desarrollo tecnológico de los países desarrollados.

Las principales orientaciones de política tecnológica del actual Gobierno Federal giran en torno a la investigación pública y estos son: El financiamiento público disponible es insuficiente para impulsar a la tecnología propia. Las fuentes

tendrán que diversificarse hacia el sector privado. Debe predominar el modelo del mercado como fuente de financiamiento de instituciones públicas. Aumentarán las funciones de los investigadores, que incluyen el desarrollar: tecnología, docencia, consultoría y/o contratos. Comparadas, estas orientaciones de política del actual gobierno convergen o confluyen con algunas tendencias en ciertos países industrializados. Las principales tendencias son: la reforma institucional del campo organizacional; el cambio organizacional de la investigación tecnológica orientándola al mercado en lo posible; la privatización de las partes dedicadas a servicios; la introducción de nuevas prácticas de gestión administrativa; y la disminución de subsidios.

### *Introducción*

En el capítulo anterior se arribó a una caracterización institucional del IMP. Es decir, se definió como una entidad de interés público dentro del campo organizacional de la energía en México cuya actividad está orientada a proporcionar Servicios y conocimiento tecnológico en la forma de Investigación y/o Desarrollo Tecnológico al sector petrolero. La finalidad de este capítulo es definir la evolución histórica y reciente de la organización formal, la economía y la producción tecnológica del IMP. Se divide en tres secciones y al final se presentan los principales hallazgos. La primera sección esclarece el origen, la naturaleza y estrategias iniciales del IMP en términos de sus actividades sustantivas de investigación tecnológica. La segunda sección aborda el cambio formal de la organización del IMP desde su creación (1965), hasta la actualidad (2003). A su vez se divide en dos partes. En la *primera* se analiza la estructura formal histórica (1965-1999). La *segunda* se aboca a estudiar la trascendencia innovativa y la operación concreta de la actual estructura organizacional (2000-2003). La tercera sección analiza en tres apartados los tipos de evidencia acerca de cómo ha evolucionado históricamente el IMP: la composición del nivel profesional de los empleados; la asignación del gasto de operación –tanto por actividad institucional en el plazo histórico (1973-2001), como por competencias organizacionales en el plazo inmediato (2001); y, las principales trayectorias de patentes registradas en las que ha incursionado el IMP.

### **3.1 La fundación de las actividades de investigación básica y aplicada en el IMP, 1967-1973**

En el capítulo anterior se concluyó que el IMP es la organización de investigación y desarrollo tecnológico pública de mayor importancia en México – según sus registros de gasto en investigación y desarrollo tecnológico y patentes. El propósito de esta primera sección es esclarecer el origen y la naturaleza del IMP en términos de sus actividades sustantivas de investigación tecnológica, dado que producir conocimiento es su principal misión institucional. Se ordena en dos partes. La primera parte descifra la principal estrategia organizacional al fundarse las capacidades de investigación tecnológica del IMP. La segunda parte revela el arquetipo de investigación implantado dentro del IMP entre 1967 y 1973.

#### **3.1.1 Estrategia principal: definir temas de investigación y crear grupos de investigación**

¿Cómo se organizó en un principio la investigación en el IMP? Para iniciar las actividades de investigación en el IMP (1967), la estrategia implementada constó de dos pasos.

*Primero*, se identificaron los problemas de investigación que tuvieran utilidad tecnológica para PEMEX.<sup>1</sup> Las primeras propuestas las presentó PEMEX a la Dirección General del IMP. También, otras propuestas de la Dirección General del IMP se le presentaron a la entonces recién creada, *Subdirección de Investigación Científica Aplicada (SICA)*. Sin embargo, la mayoría de las peticiones estaban relacionadas con servicios tecnológicos y no constituían problemas a resolver mediante la investigación científica aplicada. El único verdadero problema de investigación fue el caso de un producto secundario del

---

<sup>1</sup> Ver García-Colín Scherer (1989, 1970); Soria y García-Colín (2003).

proceso de producción del petróleo que PEMEX producía en gran cantidad y que deseaba convertir en un producto con mayor valor agregado. Entonces, derivado de esto, un primer problema fue separar los *servicios tecnológicos* demandados por PEMEX, de las posibles *investigaciones científicas y tecnológicas* a realizar para resolver determinados problemas tecnológicos. Por ejemplo, los problemas tecnológicos de la exploración y explotación de petróleo que pudieran ser solucionados aplicando los principios científicos de la física; o, los de refinación y petroquímica que pueden solucionarse a partir del paradigma de la catálisis en la química; o, los problemas de simulación de yacimientos o reactores industriales mediante la aplicación de modelos derivados de las matemáticas aplicadas a bases de datos inmensas.

Este primer paso estratégico se topó con resistencias en PEMEX al momento de comenzar a indagar los investigadores del IMP. En efecto, durante los primeros años de existencia del IMP, a los investigadores PEMEX no les permitió abordar con detenimiento los problemas tecnológicos de los principales segmentos de la industria del petróleo en México -alimentados plenamente con tecnología de empresas extranjeras: explotación, exploración y petroquímica. La única posibilidad inmediata para realizar investigación tecnológica se presentó en PEMEX Refinación.

*Segundo*, a partir de los recursos con los cuales contaba México se conformó un primer grupo de investigación orientada al sector petrolero.<sup>2</sup> El embrión del primer grupo de investigación en el IMP dentro de la SICA fue precisamente un grupo de catálisis.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> Ibid.

<sup>3</sup> Dirigido por el químico brasileño a vecinado hasta entonces en la Universidad de Puebla, el Dr. Joaquim M. Ferreira Fihlo.

La estrategia que se implementada trató de fundar capacidades mínimas, de acorde al grado de desarrollo de los recursos humanos y la ciencia en México. Así como seleccionando sólo ciertas tecnologías por su posibilidad real de sustituir a las importadas. En este sentido quedaba claro que se trataba de crear *capacidades tecnológicas basadas en la imitación* de las ya desarrolladas por las empresas extranjeras proveedoras de PEMEX. Era preferible formar cuadros sólidos de expertos en ciertas áreas con *el objeto de optimizar las compras de tecnologías, su adaptación y actualización*.<sup>4</sup>

Sin embargo, los primeros obstáculos en este proceso provinieron del ámbito de los recursos humanos con los cuales contaba el sistema universitario y tecnológico mexicano:<sup>5</sup> Un número reducido de egresados de las ciencias básicas (matemáticas, física, química) con un nivel de formación académica deficiente; y la falta de personal capacitado para dirigir proyectos de investigación básica y de investigación aplicada. Otro obstáculo fue el manejo de la relación investigación-servicios. El problema era ¿cómo poder extraer de los servicios tecnológicos de exploración, explotación, refinación y petroquímica, la problemática tecnológica resoluble con la investigación científica?

### 3.1.2 *El modelo inicial de investigación implantado en el IMP, 1967-1973*

En México, casi en su totalidad la industria se encuentra basada en tecnología importada y adaptada. El caso de PEMEX es el más representativo de esta situación. Su sistema productivo se basa -en casi un 100 por ciento- en la transferencia de tecnología de empresas extranjeras. Por ello, desde su fundación el IMP entraña la posibilidad de producir tecnología propia. La creación propia de tecnología se hace a través de la investigación aplicada. Cuya fuente de

---

<sup>4</sup> Ver García-Colín Scherer (1978).

<sup>5</sup> Ver García-Colín Scherer (1970).

conocimiento es, a su vez, la investigación básica. Sin embargo, al fundarse el IMP la mayor parte de sus actividades consistieron en *servicios tecnológicos*. Estos servicios son actividades orientadas hacia fines prácticos que producen beneficios en un lapso corto de tiempo –por ejemplo, el control de calidad, la instrumentación, la ingeniería de proyectos y otras.<sup>6</sup> Por su parte, la *investigación y desarrollo tecnológico* son actividades dirigidas a innovar tecnologías que producen beneficios sólo en el largo plazo. Así, el IMP se creó como una organización que proporcionaría servicios tecnológicos y realizaría investigación y desarrollo tecnológico para PEMEX.

En esta primera etapa (1965-73), la estrategia para organizar la investigación en el IMP fue definir todos aquellos campos disciplinares específicos de las ciencias básicas –matemáticas, física, química- que estaban orientados a servir insumos para la investigación aplicada en problemas tecnológicos de la industria del petróleo. Así, la concepción original de cómo organizar la investigación en el IMP tuvo dos componentes: la investigación básica y la investigación aplicada.

La *investigación básica* tiene por objetivo incrementar y perfecciona el acervo de los conocimientos que describen los fenómenos de la naturaleza.<sup>7</sup> Contempla dos fases.

- i) Investigación *básica pura*: un conocimiento que explica un fenómeno de la naturaleza, en la frontera del saber, pero sin aplicación práctica.
- ii) Investigación *básica dirigida u orientada*: conocimiento relacionado en forma directa con la aplicación que redunde en beneficio social, económico, etc. Constituye el origen de la investigación aplicada, tecnológica e industrial.

---

<sup>6</sup> Ver García-Colín Scherer (1973, 1978).

<sup>7</sup> Ver García-Colín Scherer (1969b).

Los campos disciplinares de las ciencias básicas que pasaron a formar parte de la *investigación básica orientada* en el IMP, fueron los siguientes.<sup>8</sup> Con relación a la fuente o institución de formación de los recursos humanos especializados necesarios, el IMP se vio limitado para emprender sus actividades de investigación y desarrollo tecnológico. El problema central era que no existían en México expertos en temas tan especializados. Salvo en dos casos específicos, donde los investigadores provinieron de la UNAM, unos en especial del Instituto de Geofísica. Con esto, el IMP tuvo que ir formando sus recursos humanos especializados. Desde entonces envía constantemente investigadores a formarse en el extranjero al nivel posgrado. En general, todas estas disciplinas tienen un grado de importancia económica en la medida que dan sustento y posibilidades a la investigación aplicada.

La investigación *aplicada* genera un conocimiento tecnológico relacionado en forma directa con la problemática industrial. Es el proceso que en realidad desarrolla la tecnología en términos de su aplicación industrial.<sup>9</sup> Una tecnología emanada del proceso de investigación aplicada se construye en el devenir de tres fases:

- i) Investigación a *escala de laboratorio*: Es el proceso teórico y práctico de experimentación en el laboratorio que implica resultados a través de métodos conocidos de la ciencia.
- ii) Investigación a *escala piloto o tecnológica*: Si se logra un producto a escala laboratorio, entonces es posible escalar, construyendo una planta piloto que reúna las características de una a nivel industrial. La escala piloto permite alterar las variables que determinan la

---

<sup>8</sup> Ver Cuadro 3.1.

<sup>9</sup> Ver García-Colín Scherer (1969b, 1969c).

producción, para estudiar los factores no previstos en investigaciones anteriores.

- iii) Investigación *industrial*: La proyección de la planta piloto a escala industrial toma en cuenta costos, mercados y otros factores.

En el caso del IMP, hacia la primera mitad de los setenta (1973), ya se habían perfilado una serie de actividades de desarrollo tecnológico y servicios tecnológicos derivados de la investigación aplicada. En especial con relación a la catálisis y los catalizadores.<sup>10</sup> Es evidente que existe una relación estrecha entre la investigación básica y la aplicada. Ésta última es consecuencia de la primera. Las necesidades tecnológicas de la investigación aplicada demandan soluciones de la investigación básica. Aunque, es posible una retroalimentación estrecha entre ambas. La posibilidad de éxito de un proyecto de investigación aplicada es mayor cuando se encuentra estrechamente ligada a un proceso de investigación básica.<sup>11</sup>

---

<sup>10</sup> Ver Cuadro 3.2.

<sup>11</sup> Ver García-Colín Scherer (1969b). Sin embargo, esto, que a la luz de los expertos en ciencia y tecnología aparece como un proceso razonable, no aparece así siempre ante los ojos de los gobernantes. Siempre es necesario convencer a las autoridades de la necesidad de que exista la investigación básica. Esta a su vez requiere de manera crucial del estado de las ciencias básicas o fundamentales: matemáticas, física y química.

### **3.2 Evolución histórica de la estructura formal de organización, 1965-2003**

Esta segunda sección tiene como propósito analizar los principales rasgos en la evolución histórica de la estructura formal de organización del IMP. En especial, en términos de ubicar el espacio y la actividad organizacional de la investigación tecnológica. También, analiza hasta que punto los cambios recientes de la organización formal del IMP representaron o no una innovación organizacional,<sup>12</sup> comparado con las estructuras formales de organización previas. Esto es importante, ya que el objetivo central de los cambios organizacionales recientes es revitalizar la capacidad del IMP para producir conocimiento tecnológico de aplicación industrial.<sup>13</sup> Se divide en dos partes. La primera aborda los cambios en la estructura formal de organización del IMP durante las últimas tres décadas del siglo pasado (1965 a 1999). El segundo analiza el cambio de la estructura formal instituido con el inicio del nuevo milenio (2000 a 2003).

#### **3.2.1 Cambio de la estructura formal de organización, 1965-1999**

Como toda organización pública de gran tamaño -creada desde el Estado mexicano durante la época del “desarrollo estabilizador”-, el Instituto Mexicano del Petróleo está dotado con una estructura de organización formal donde domina un *cuadro administrativo* de tipo *burocrático*<sup>14</sup> donde las facultades de mando de los funcionarios son “competencias” legales, ordenadas según una estructura

---

<sup>12</sup> Ver Coriat (2001).

<sup>13</sup> Ver IMP (2002, 2003). En el último año (de agosto 2003 hasta agosto 2004) el IMP ha resentido una profunda crisis financiera, producto de la debilidad financiera de PEMEX –comentada en el capítulo anterior. La crisis ha llegado a tal grado que hacia el interior muchos proyectos de investigación están detenidos y son básicamente los servicios los que continúan con sus actividades. Varios investigadores con doctorado y maestría han sido invitados a renunciar por vía del programa de retiro voluntario. Es decir, ni la innovación organizacional ni el cambio institucional isomorfo contribuyeron a elevar la capacidad de producción de conocimiento del IMP.

<sup>14</sup> Ver Weber (1964, 1999).

multidivisional manejada por un Director General.<sup>15</sup> En cada una de sus respectivas divisiones o componentes organizacionales, los funcionarios están ordenados según una jerarquía, bajo competencias rigurosamente fijadas. Supuestamente, tienen la calificación profesional para realizar dichas tareas, por lo cual son retribuidos con un salario. Así, acaban por ejercer el cargo como su principal profesión, quedando sometidos a una rigurosa disciplina y vigilancia administrativa.<sup>16</sup>

Una organización formal se concibe como un sistema profesionalizado de coordinación y control de actividades que surgen cuando el trabajo se encuentra entretejido en redes complejas de relaciones técnicas e intercambios. Surgen en contextos altamente institucionalizados.<sup>17</sup> Cuando una organización instituye un cambio simple o una nueva forma organizacional,<sup>18</sup> primero se somete a un proceso de legitimación y sólo después se comienza por realizarlo de manera efectiva.<sup>19</sup> De hecho, se establece un “Flojo Acoplamiento” entre los componentes de la estructura formal y las actividades reales.<sup>20</sup> Las reglas se violan o son ambiguas, las decisiones son incumplidas, las tecnologías tienen una eficiencia problemática y los sistemas de evaluación e inspección son subvertidos.<sup>21</sup> Por lo tanto, una estructura formal de organización representa sólo una forma esperada –más no la forma real– de comportamiento de los miembros y funcionarios de la organización, al desempeñar cada uno sus funciones o actividades dentro de la organización. El cambio de la forma de ordenar los componentes formales de la organización representa en sí mismo la búsqueda de un nuevo arreglo que permita mejorar el desempeño organizacional. Un componente organizacional representa una parte de

---

<sup>15</sup> Ver Chandler (1977).

<sup>16</sup> Ver Weber (1964, 1999).

<sup>17</sup> Ver Meyer y Rowan (1991).

<sup>18</sup> Ver Coriat (2001); Wang et al. (1999); Heydebrand (1991).

<sup>19</sup> Ver Powell y Dimaggio (1991); Meyer y Rowan (1991).

<sup>20</sup> Ver Cohen, March y Olsen (1988); Weick (1976, 1985); March (1994).

<sup>21</sup> Ver Meyer y Rowlan (1991); Powell y Dimaggio (1991).

la estructura formal que está jerárquicamente ordenado. Contiene la función o proceso específico que debe desarrollarse dentro o para la organización.

Aquí se analiza la evolución de la estructura formal de organización del IMP en términos de los cambios en la manera de ordenar sus principales componentes a lo largo del tiempo.<sup>22</sup> Otros estudiosos del IMP, al principio de los noventa<sup>23</sup>, utilizando las patentes como indicadores distinguen cinco periodos evolutivos de las capacidades tecnológicas del IMP: Etapa inicial, 1966 a 1970; Maduración organizativa, 1970 a 1974; Desempeño inventivo con crecimiento –mediano al principio, 1974 a 1978, y creciente en el “boom” petrolero, 1978 a 1982; y, Desempeño inventivo decreciente, 1982 a 1986. En la presente investigación se delimitan tres grandes fases de evolución del IMP en términos organizacionales: La adquisición de sus capacidades fundamentales de investigación y servicios, 1965 a 1982; Luego, la orientación hacia los Servicios, 1983 a 1992; Y, finalmente, la orientación hacia los Negocios, 1993-1999.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> Ver Cuadro 3.3; Diario Oficial de la Federación (1965, 2001b); IMP (1976, 1980, 1983, 1993, 2000a, 2000b, 2000c, 2001, 2002, 2003); Secretaría de Energía (2000).

<sup>23</sup> Ver Ciceri y Mercado (1991).

<sup>24</sup> Ver Cuadro 3.3.

### ***A. Fase 1: Adquisición de capacidades, 1965 a 1982***

Esta primera fase abarca el periodo de *1965 a 1982*, durante el cual el IMP inició y fue acumulando sus principales capacidades: organizacionales, de investigación, tecnológicas y de servicios. Eran también los tiempos de la política económica de sustitución de importaciones. Asimismo, con la expansión del sector público durante los setenta el IMP también se expandió. Hacia el final del periodo, el modelo económico estalló en crisis (1982). El periodo de 1965 a 1982 se compone de tres subfases temporales y cada una corresponde a una estructura formal de organización distinta.

#### *a) 1965 a 1974*

En el caso de esta primera estructura formal de organización del IMP, su principal atributo organizacional es haber sido creada a partir de su medio ambiente industrial inmediato.<sup>25</sup> Sus principales componentes organizacionales siguen la forma en que se organiza PEMEX. En tanto estructura inicial y fundadora, la de 1965-74 instauró a nivel vertical la estructura de gobierno que prevalecerá hasta principios de los ochenta, compuesta por el Consejo Directivo, la Dirección General y la Subdirección General. Al nivel horizontal, la Subdirección General se descomponía en seis subdirecciones.<sup>26</sup> Tres referían directamente a la actividad de PEMEX: Tecnología de Exploración, Tecnología de Explotación y Tecnología de Refinación y Petroquímica. Las tres restantes Subdirecciones estaban concebidas según las tres capacidades específicas que distinguieron desde su fundación al IMP:

---

<sup>25</sup> Ver Diario Oficial de la Federación (1965); IMP (1976).

<sup>26</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 1; Diagrama 3.1. La Gerencia de Administración estaba adherida entre el nivel general y el ejecutivo.

Investigación Científica Aplicada, Ingeniería de Proyecto y Capacitación. Su cliente único desde entonces es PEMEX.

Con esta estructura inicial, el IMP comienza primero a operar como una organización de *Servicios*<sup>27</sup>, *ingeniería de proyecto y capacitación* para PEMEX (1966). Estas actividades estaban dirigidas por ingenieros o funcionarios previamente empleados en PEMEX<sup>28</sup>. Entonces, los servicios fueron las primeras capacidades adquiridas y organizadas por el IMP (1966). Ciertos servicios técnicos básicos fueron asimilados de manera relativamente sencilla, debido a que existía personal en PEMEX que conocía con detalle las actividades a nivel de operación productiva. Los servicios que mayores recursos le generan al IMP desde entonces - y hasta la actualidad-, son los que están ligados a la Exploración y Producción en PEMEX.<sup>29</sup>

Es importante no confundir entre la investigación y los servicios tecnológicos.<sup>30</sup> Estos últimos existen como un conjunto de actividades requeridas por cualquier institución orientada hacia fines industriales prácticos. Pero es imposible concebirlas como la solución del problema básico que representa generar tecnologías.<sup>31</sup> La ventaja de los servicios es que producen beneficios económicos dentro de un plazo relativamente corto. Si la investigación básica y la aplicada al desarrollo tecnológico no se estimulan simultáneamente, no puede producirse conocimiento tecnológico de aplicación industrial. Bajo esta óptica, las primeras capacidades de investigación en el IMP (1967), se fundan dentro de la Subdirección

---

27 Servicios técnicos y/o tecnológicos para exploración, explotación, refinación y/o petroquímica.

28 Ver Soria y García-Colín (2003). Inclusive, el IMP sirvió en algunos casos como una “congeladora política”. A lo largo de su historia, ciertos funcionarios derrotados en la refriega política de PEMEX eran enviados al Instituto a cumplir su condena, de algunos años o hasta definitiva.

29 Ver IMP (2003, 2001).

30 Ver García-Colín Scherer (1989).

31 Ejemplos de estos son el control de calidad, la instrumentación, la ingeniería de proyectos y otras. Estas actividades subsistirán siempre y serán útiles. En la medida en que se necesita importar tecnología reducen los costos de operación. No deben subestimarse y sí impulsarse. Sin embargo, estadísticamente todavía se les arroja bajo el rubro de la investigación, cuestión que puede hacer creer a los funcionarios y administradores que cumplen satisfactoriamente los objetivos tecnológicos planteados por la industria.

de Investigación Científica Aplicada.<sup>32</sup> Posteriormente (1969), también en la Subdirección de Tecnología de Refinación y Petroquímica se realizaron las primeras actividades de investigación aplicada que condujo a patentes.

En el inicio, estas capacidades se gestaron a partir de la asimilación de la disciplina científica de la catálisis. Posteriormente, se completaron en su forma básica con la fundación de los primeros laboratorios para la caracterización de catalizadores y materiales catalíticos.<sup>33</sup> Así, la investigación científica se abrió paso lentamente y de manera parcial. Fue necesario un despliegue adicional de energías hacia la negociación política, para permitir la realización de investigación en las plantas industriales. Había un gran desconocimiento sobre la investigación. Quizá por ello, muchas resistencias -tanto en PEMEX, como dentro del mismo IMP.<sup>34</sup>

#### b) 1975 a 1979

Más que cambios, esta nueva estructura formal de organización (1975-1979) aumentó el número de componentes organizacionales.<sup>35</sup> Asimismo, mantiene igual la estructura vertical de la *Dirección General*.<sup>36</sup> La *Subdirección General* continúa siendo la instancia organizacional que controla directamente el nivel de ejecución realizado por las *Subdirecciones* que la componen. Horizontalmente, se crearon las *Subdirecciones de Estudios Económicos* y la de *Promoción Industrial*.<sup>37</sup> Al nivel de la gestión regional iniciaron operaciones las primeras *Representaciones Foráneas* del IMP en zonas petroleras, principalmente en el rubro de capacitación. Asimismo, al nivel de la Gestión Complementaria se crearon cinco nuevas *Divisiones* y un

---

<sup>32</sup> Un destacado investigador mexicano con doctorado en ciencias químicas y físicas, ligado a la Universidad, el Dr. Leopoldo García Colín Scherer, se incorporó al instituto a inicios de 1967 como Subdirector. Actualmente (2004), es profesor distinguido e investigador fundador de la UAM (1974), ha obtenido el Premio Nacional de Ciencias (1988) y es miembro del Colegio Nacional (1975).

<sup>33</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Schifter (2003); Soria y Manjarréz (2003); Soria y Maldonado (2003).

<sup>34</sup> Ver García-Colín Scherer (1989); Soria y García-Colín (2003).

<sup>35</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 2; Diagrama 3.2.

<sup>36</sup> Asimismo, se creó una unidad interna de auditoría.

<sup>37</sup> La estructura creció de 6 a 8 subdirecciones.

*Departamento*, que proveían al IMP de técnicas y servicios concretos. Un cambio importante en la nueva estructura formal de organización correspondió a la *Subdirección de Investigación Científica Aplicada*: se trocó en la *Subdirección de Investigación Básica de Procesos*.<sup>38</sup> Este proceso se concretó justo después de la primera ruptura importante (1973-1974), en el nivel directivo y de los grupos de investigación y desarrollo tecnológico dentro del IMP.<sup>39</sup> Con esto, la investigación básica en el IMP se comenzó a concentrar en esta Subdirección, mientras que la investigación aplicada se concentró a su vez en la Subdirección de Tecnología de Refinación y Petroquímica.

c) 1980 a 1982

Al igual que la anterior estructura formal de organización, ésta también aumenta los componentes organizacionales.<sup>40</sup> Tanto dentro de la *Dirección General* (dimensión vertical), como de la dimensión horizontal de la *Subdirección General* (IMP, 1980). A la *Dirección General* se le agregan el *CIDAP*, una *Unidad de Asesoría*, otra de *Auditoría Interna* y una más de *Relaciones Públicas*. Además, la *Subdirección General* incluye un nuevo componte organizacional de *Asesoría*. Al nivel horizontal las subdirecciones han aumentado a diez, mientras la *Gerencia de Administración* adquiere el rango de *Subdirección*. Una de las nuevas subdirecciones surge de una mitosis en la *Subdirección de Ingeniería de Proyecto*: una se especializó en *Explotación* y la otra en *Plantas Industriales*. Para la formación de recursos se canceló la anterior *División de Promoción Académica* y se creó la *Subdirección de Desarrollo Profesional*. La investigación por su parte mantuvo las mismas estructuras de la etapa anterior. Al nivel de la gestión regional,

---

<sup>38</sup> Ver IMP (1976).

<sup>39</sup> Ver García-Colín Scherer (1989); Soria y García-Colín (2003).

<sup>40</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 3; Diagrama 3.3.

las *Representaciones Foráneas* se reestructuraron en tres *Zonas: Norte, Centro y Sur*. Finalmente, al nivel de la gestión complementaria, también se da una reestructura de las cinco *Divisiones*: desaparecieron dos anteriores y tres son nuevas.

Finalmente, es importante analizar el crecimiento en el empleo de personal por parte del IMP durante sus casi dos primeras décadas de existencia –de 1965 a 1982. En efecto, durante la vigencia de la estructura formal de organización fundadora (1965-1974), en los últimos dos años (1973-74), los empleados sumaban en promedio anual, poco más de dos miles.<sup>41</sup> Este volumen promedio de empleo casi se duplicó –a poco más de cuatro miles- en el arranque de los ochenta (1980-1982). Este crecimiento de la estructura formal y del personal se caracterizó por adicionar más componentes organizacionales de los sustraídos durante los procesos del cambio de la estructura formal de organización. En efecto, la expansión burocrática de la organización formal en sentido vertical y horizontal se asocia a la expansión del personal empleado por el IMP.

---

<sup>41</sup> Ver Cuadro 3.3, Últimas dos columnas, Renglones 1 y 3.

## ***B. Fase 2: Orientación de Servicios, 1983 a 1992***

Esta fase de evolución del IMP arranca dentro del marco de una profunda crisis económica y financiera, en la cual por cierto, la caída de los precios del petróleo fue un detonador, junto con los cambios abruptos en las tasa de interés mundiales. A partir de la crisis, el gobierno mexicano plantea una etapa de transición económica caracterizada por un adelgazamiento del aparato de estado, alzas en los precios de bienes y servicios producidos por el sector público y la contracción económica generalizada. Hacia finales de los ochenta (1988), el nuevo gobierno federal impulsa un proceso de apertura comercial radical de la economía mexicana y un profundo proceso de privatización de todas las empresas públicas, excepto PEMEX y CFE. Asimismo, a partir de entonces las exportaciones manufactureras con base en la industria maquiladora comienzan a aumentar su participación hasta dominar el comercio exterior mexicano.

Para la evolución organizacional del IMP, el arranque de esta segunda fase lo define la desaparición de la *Subdirección General*, un cambio importante en la estructura de organización formal (1983) que modificó la *Dirección General*.<sup>42</sup> Con la desaparición de la “*Subdirección General*”, se reorganiza y redistribuye el poder formal que ejecuta directamente las indicaciones de la *Dirección General*. El proceso de cambio agregó la docena de subdirecciones existentes hasta entonces, en sólo seis subdirecciones generales: 1. *Exploración con Explotación*; 2. *Investigación Básica de Procesos con Refinación y Petroquímica*; 3. *Proyectos de Explotación con Proyectos de Plantas Industriales*; 4. *Capacitación con Desarrollo Profesional*; 5. *Planeación Económica Industrial con Promoción y Producción Industrial*; 6. *Investigación Aplicada*. La Gerencia de Administración se convirtió en la *Subdirección de Servicios Administrativos*. A su vez, las diferentes Divisiones

---

<sup>42</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 4; Diagrama 3.4; IMP (1983).

desaparecen como componente organizacional y se integran en una *Subdirección de Servicios Técnicos*. En las representaciones foráneas se creó una nueva, la de la *Zona Noreste*. A todo este nuevo proceso de cambio y expansión de la estructura formal de organización, se asocia también una nueva expansión del volumen anual promedio de empleo en el IMP.<sup>43</sup> Comparado con respecto al nivel de inicio en los setenta, el promedio anual alcanzado por el empleo durante una sola década (1983-1992)-, casi se triplicó (casi seis miles).<sup>44</sup>

Así, esta fase de la estructura formal registra la cantidad más alta en la historia del empleo promedio en el IMP en el rubro de los servicios. Debido a este comportamiento del IMP en la asignación de los recursos humanos, se define a esta fase como una con “orientación de servicios”. Sin embargo, este comportamiento del empleo es desconcertante. ¿Por qué? Durante estos años de desaceleración y reorganización económica nacional y mundial, la producción y exportación de crudo y petrolíferos por PEMEX no crecieron sustancialmente. Con ello, la demanda de servicios industriales tampoco se incrementó tanto.

---

<sup>43</sup> Ver Cuadro 3.3, Últimas dos columnas, Renglones 1 y 4.

<sup>44</sup> Esta época corresponde al inicio de la serie de décadas con crisis económicas cíclicas que aparecen hasta la actualidad. En especial, se conoce como un periodo de transición de la economía mexicana, conducida hasta entonces bajo la estrategia de la sustitución de importaciones y las barreras comerciales. Durante los ochenta se inició el proceso de apertura comercial que culminó con la firma del TLC (1994).

### ***C. Fase 3: Orientación de Negocios, 1993-1999***

Esta fase arranca con un cambio institucional de fundamental importancia para la economía mexicana. En efecto, con la firma del TLC por el gobierno de México, se consolida el modelo económico orientado a la exportación de manufacturas maquiladas en México y la plena apertura de la economía mexicana a las mercancías provenientes de Canadá y los EUA. Asimismo, esta evolución económica implicó una serie de cambios institucionales en la legislación de obra pública, la de propiedad industrial e intelectual, sobre inversiones extranjeras, así como toda la legislación sobre comercio exterior. Esta segunda fase de la evolución organizacional del IMP se compone de dos subfases temporales, que corresponden cada una a una estructura formal de organización distinta.<sup>45</sup>

#### *a) 1993 a 1997*

Esta nueva fase de evolución de la estructura formal de organización del IMP se caracteriza por tres elementos:<sup>46</sup> una fuerte contracción en el empleo por el IMP; una reorganización fundada en definir las actividades sustanciales del IMP; y los directivos del IMP comienzan a introducir una incipiente cultura de negocios, en el marco del arranque del TLCAN.<sup>47</sup> Si se compara el volumen promedio anual del personal empleado durante el inicio de esta fase 3 (1993-1997) con la fase anterior (1983-1992), se observa una disminución del promedio anual del empleo en un 25 por ciento.<sup>48</sup> Esta disminución correspondió al personal sin preparación universitaria, fundamentalmente.

En el plano horizontal se dio un proceso de reagrupamiento de las subdirecciones en términos de las cuatro principales actividades del instituto: 1)

---

<sup>45</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglones 5 y 6; Diagramas 3.5 y 3.6.

<sup>46</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 5; Diagrama 3.5; IMP (1993).

<sup>47</sup> Recuérdese que por el TLCAN (1994) se modificó la Ley de Obra Pública (1993) en el sentido de abrir las licitaciones de obra pública al resto del mundo.

<sup>48</sup> Ver Cuadro 3.3, Últimas dos columnas, Renglones 4 y 5.

*Explotación y producción*; 2) *Transformación industrial*, 3) *Ingeniería de proyecto*, y, 4) *Capacitación*. Por su parte, las *Delegaciones Regionales* permanecieron sin cambios. Es decir, las subdirecciones en donde se realizaba la investigación básica y aplicada se subsumieron en una sola, la de *Transformación Industrial*. En la *Dirección General* se incorporó el componente *Administración y Finanzas*, mientras, desapareció el de *Relaciones Públicas*. Nació, además, el *Consejo Consultivo de Investigación*, el cual permanece hasta la actualidad (2003) y se creó una nueva *Coordinación de Investigación y Planeación*<sup>49</sup>. En este nuevo contexto organizacional, el único negocio del IMP que logró consolidar un *modelo de innovación organizacional* durante esta fase, fue el de los catalizadores. Como veremos en el siguiente capítulo, este negocio se organizó de manera integral: investigación básica y aplicada, desarrollo tecnológico, comercialización y servicios.

#### b) 1998 a 1999

Esta estructura formal fue en realidad una estructura de transición, hacia la estructura prevaleciente en la actualidad.<sup>50</sup> Expandió de nuevo la organización formal –respecto de la estructura anterior– en términos del número de sus componentes. Aunque, también profundizó la tendencia contractiva en la contratación de personal. Si se compara el volumen promedio anual del personal empleado durante el final de esta Fase Tres (1998-99) con la anterior Fase Dos (1983-1992), se observa una significativa disminución en el volumen promedio anual del empleo (37 por ciento).<sup>51</sup> Una característica especial de esta estructura de transición organizacional es la introducción de un nuevo tipo de componentes al nivel directivo. El primero es la creación de una *Subdirección de Planeación y*

---

<sup>49</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 5; Diagrama 1.5.

<sup>50</sup> Ver Cuadro 3.3, Renglón 6; Diagrama 1.6; Secretaría de Energía (2000); IMP (1999, 2000).

<sup>51</sup> Ver Cuadro 3.3, últimas dos columnas, renglones 4 y 6.

*Desarrollo Institucional* -que tendrá la mayor importancia en el cambio organizacional futuro de la estructura formal. El segundo es la *Subdirección de Protección Ambiental*, signo de la contaminación en estos tiempos industriales.<sup>52</sup> Asimismo, esta estructura vuelve a introducir una *Subdirección de Investigación y Tecnología*, así como una *Subdirección de Comercialización*. Al nivel de las representaciones foráneas se agrega una nueva en la de la *Zona de Campeche*. Con esto, el IMP sigue a PEMEX Producción hasta Cantarel, donde se extrae actualmente la mayor parte del petróleo mexicano.

### 3.2.2 Innovación organizacional de la estructura formal, 2000-2003

La nueva estructura del Instituto Mexicano del Petróleo contiene innovadores procesos organizacionales, caracterizados por buscar aumentar la agilidad de respuesta, así como la autosuficiencia financiera en la economía petrolera regional, además de fortalecer el prestigio.<sup>53</sup> El objetivo principal es producir conocimiento tecnológico, servicios y recursos humanos adecuados a las necesidades de la industria del petróleo que deriven en beneficio económico para el Instituto a través del mercado.<sup>54</sup> Esta nueva estructura formal, inaugurada con el nuevo milenio, al igual que las anteriores, también expandió el número de componentes organizacionales. A la par, aumentó ligeramente el promedio anual del volumen de empleo (3 por ciento). Las anteriores estructuras estaban ordenadas según la función genérica derivada de la organización industrial de PEMEX (exploración y producción, productos químicos, refinación, etc.). La diferencia con la nueva estriba en que se adopta una visión de “procesos de trabajo en equipo” en vez de

---

<sup>52</sup> La llamada “inflexión ambiental” que se institucionalizó en los países desarrollados a lo largo de los setenta. En México el proceso de institucionalización de temas ambientales y la gasolina sin plomo se dieron a principios de los noventa.

<sup>53</sup> Ver Cuadro 3.3, renglón 7; IMP (2000, 2003); Coriat (2001); Wang (1999).

<sup>54</sup> Ver Cuadro 3.4; IMP (2001).

“función por división”. Mejora el tipo de componentes organizacionales introducidos. Orienta más que las anteriores a la comercialización de servicios y tecnología en el mercado. Realza la importancia de la investigación en este proceso. Con esto, el IMP organiza sus recursos y capacidades con el fin de producir conocimiento innovador en la industria del petróleo en general.

La nueva estructura formal de organización se diseñó para operar mediante cuatro *Plataformas*.<sup>55</sup> Las dos primeras están orientadas a brindar una solución a la industria. La plataforma de Atención al cliente garantiza la satisfacción de la demanda del cliente. La plataforma de Negocio basado en soluciones proporciona soluciones generando valor al cliente y al IMP. Las dos segundas constituyen el conocimiento y los recursos humanos con los cuales cuenta el IMP para esas soluciones. La plataforma de Investigación y desarrollo tecnológico<sup>56</sup> producirá conocimientos e invenciones para desarrollar *Tecnologías* aplicables en la industria; *Servicios Tecnológicos* con mayor contenido de conocimiento; y, *Recursos Humanos de Posgrado*. La plataforma de Competencias institucionales es la capacidad profesional de las personas empleadas por el IMP para desempeñarse en diversas áreas de servicios y tecnologías, en las diferentes especialidades del conocimiento científico, tecnológico y/o industrial.

En términos operativos, esta nueva estructura basada en plataformas contempla cinco distintos tipos de componentes organizacionales:<sup>57</sup> 1) *Dirección General* 2) *Direcciones Ejecutivas*, 3) *Programas de Investigación*, 4) *Programas Estratégicos*, 5) *Delegaciones Regionales*. En la *Dirección General* se insertaron dos nuevos elementos de gestión. La *Gerencia Jurídica* -que existe por vez

---

<sup>55</sup> Ver Cuadro 3.4, Inciso 1; IMP (2002, 2000a, 2000b, 2000c, 1999d, 1999e); IMP y ADL (2001).

<sup>56</sup> En especial, la investigación ha ampliado el número de programas institucionales de investigación de media a más de una docena.

<sup>57</sup> Ver IMP (2002, 2000a, 2000b).

primera-, y una *Gerencia de Comunicación y Relaciones Públicas*.<sup>58</sup> También se reincorpora formalmente un componente de *Contraloría Interna*.<sup>59</sup> A su vez, de entre las antes denominadas “*Subdirecciones*” -ocho en la estructura de 1998-, sólo una desapareció.<sup>60</sup> Al estilo de la empresa moderna, los siete restantes se han trocado en componentes denominados “*Dirección Ejecutiva*”. Asimismo, se han agregado dos más para sumar nueve direcciones ejecutivas en total. Estos y los demás componentes se ordenan para su análisis en cinco grupos.

Un primer grupo es el *Corporativo*,<sup>61</sup> que reúne a cuatro *Direcciones Ejecutivas*: 1) *Planeación y Desarrollo Institucional*; 2) *Comercialización*; 3) *Administración y Finanzas*; 4) *Técnica*. Estos cuatro componentes tienen por objeto ordenar y dirigir la actividad organizacional y estratégica del IMP, así como controlar sus ingresos, gastos y finanzas.

En un segundo grupo corresponde a las *Soluciones*:<sup>62</sup> 1) *Exploración y Producción*,<sup>63</sup> 2) *Proceso y Medio Ambiente*,<sup>64</sup> 3) *Ingeniería*,<sup>65</sup> y, 4) *Capacitación*.<sup>66</sup> En estos cuatro componentes organizacionales se sintetizan las capacidades centrales de *Servicios Tecnológicos y Tecnología* que ofrece el IMP. Las principales líneas de negocio son precisamente las que manejan cada una de estas direcciones ejecutivas. La característica principal de estas líneas de negocio es que son en su mayoría *Servicios Tecnológicos, Técnicos y Otros* para: exploración y explotación, ingeniería, capacitación y medio ambiente. Entre las líneas de negocio

---

<sup>58</sup> Que existe desde 1983, bajo el nombre de División de Relaciones Públicas.

<sup>59</sup> Que se remonta a la Unidad de Auditoría creada desde 1968.

<sup>60</sup> Transformación Industrial, a la cual pertenecía el negocio de los catalizadores.

<sup>61</sup> Ver Cuadro 3.4, Inciso 2.

<sup>62</sup> Ver Cuadro 3.4, Inciso 1.2.

<sup>63</sup> Se compone de cinco gerencias: Geociencias; Prospección geofísica; Ingeniería de yacimientos; Ingeniería de producción; Ingeniería de perforación y operación de pozos.

<sup>64</sup> Se compone de cinco gerencias: Ingeniería básica; Servicios tecnológicos; Catalizadores; Productos químicos; Protección ambiental.

<sup>65</sup> Se compone de siete gerencias: Refinación; Procesamiento de Gas; Petroquímicos; Instalaciones marinas; Instalaciones terrestres; Riesgo y confiabilidad; Ductos y almacenamiento.

<sup>66</sup> Se compone de cuatro gerencias: Centro, Sur, Norte, Marina.

de *Tecnología* desarrollada por el IMP, lo más significativo se circunscribe principalmente al desarrollo de *Catalizadores* para refinar combustibles y ciertos productos químicos en asociación con empresas extranjeras.

El tercer grupo lo constituyen la *Dirección Ejecutiva Investigación y Posgrado*, junto con la *Coordinación de los Programas de Investigación* y las *Competencias*.<sup>67</sup> En efecto, como Centro Público de Investigación,<sup>68</sup> el IMP ha incorporado actividades de *Posgrado* especializado en la industria del petróleo.<sup>69</sup> Por su parte, en los últimos años el número de *Programas de Investigación* se ha venido ampliando.<sup>70</sup> Así, en este grupo de componentes organizacionales se concentran las capacidades de investigación para generar conocimiento básico, aplicado y/o útil para los servicios y las tecnologías que ofrece el IMP.

El cuarto grupo de componentes refiere a los cinco *Programas Estratégicos* diseñados para apoyar la eficiencia y eficacia de la organización como un todo:<sup>71</sup> 1) Sistema Institucional de Información,<sup>72</sup> 2) Sistema Integral de Calidad,<sup>73</sup> 3) Trabajo en Equipo,<sup>74</sup> 4) Administración de Conocimiento,<sup>75</sup> 5) Soluciones y Medio Ambiente. Finalmente, el quinto grupo de componentes son las cuatro *Representaciones Foráneas*.<sup>76</sup> Estas se transforman en *Unidades de Atención a*

---

<sup>67</sup> Ver Cuadro 3.4, Incisos 1.3 y 1.4.

<sup>68</sup> Ver Diario Oficial (2000b).

<sup>69</sup> Un grupo de los investigadores fue convertido en investigadores-profesores, una categoría laboral que hasta hoy, era propia de las universidades públicas en México.

<sup>70</sup> El IMP cuenta actualmente una decena de programas institucionales de investigación. Estos programas tienen por objeto alimentar las líneas del negocio. Se agrupan en tres conjuntos los diez programas. 1) *Orientados a negocio*: Yacimientos naturalmente fracturados, Tratamiento de crudo maya, Ductos, y, Medio ambiente y seguridad. 2) *Investigación básica*: Ingeniería molecular, Biotecnología del petróleo, Matemáticas aplicadas y computación. 3) *Aplicación y transferencia de tecnología*: Investigación integral en gas, Exploración y producción en aguas profundas, Investigación y desarrollo tecnológico de explotación en formaciones areno-arcillosas.

<sup>71</sup> Ver Cuadro 3.4, Inciso 3.

<sup>72</sup> Ha tenido el mayor impacto entre todos los programas estratégicos o de apoyo en el IMP. Especialmente, sobre la estructura y el proceso de control administrativo. Este elevó su eficacia en el registro de actividades y horas de trabajo por persona y por proyecto a lo largo de la actividad cotidiana.

<sup>73</sup> El IMP ha concentrado su esfuerzo en ir obteniendo certificaciones ISO para diferentes procesos.

<sup>74</sup> Esta cultura se ha ido difundiendo lentamente, ya que, como veremos en el Capítulo 4 Sección 4.2., hay casos de investigación realizada en términos individuales o aislados del trabajo en equipo.

<sup>75</sup> Este Programa no ha logrado desarrollarse plenamente.

<sup>76</sup> Ver Cuadro 3.4, Inciso 1.1.

*Clientes* localizadas en cuatro *Zonas*: tres corresponden a las zonas petroleras – Veracruz, Tabasco y Campeche– y la otra se encuentra en México D. F. Cada *Unidad* se ha organizado en cuatro gerencias: *Atención a Clientes*, *Jurídica*, *Planeación*, y la de *Administración y Finanzas*.

Por otra parte, junto con estos cambios en los componentes de la organización formal, también se instituyó en el IMP un nuevo *modelo de gestión de proyectos* de solución al cliente.<sup>77</sup> Este modelo sintetiza qué funcionarios y la forma o rutina que tendrían que seguir en la realidad dentro de la organización al solucionar una necesidad o demanda de la industria. La administración del conocimiento y trabajo en equipo son centrales en este modelo de gestión. En este modelo de gestión el “proyecto de solución” se concibe como el mecanismo institucional de la organización para crear y luego transferir hacia PEMEX el servicio o producto comercial realizado por el IMP. Contempla la participación en un solo equipo de trabajo, de diversos actores con diferentes habilidades procedentes de distintos niveles de las cuatro plataformas que estructuran operativamente a la organización. Es por lo tanto una forma de organización compleja que implica gran coordinación y mucha precisión por parte de cada uno de los actores en su puesto de trabajo. Además, exige a los niveles directivos y gerenciales una mayor capacidad para coordinar estas actividades complejas. El efecto inmediato de este tipo de cambios formales en una organización como el IMP ha sido una modificación de las relaciones de poder entre los funcionarios de las diferentes partes de la organización.

Finalmente, a partir de esta nueva estructura formal de organización, los objetivos estratégicos del IMP hacia el año 2006 son:<sup>78</sup> 1) Fortalecer la relación con

---

<sup>77</sup> Ver Cuadro 3.5; el “Proyecto” es la categoría organizacional en la que se realizan las actividades concretas. Dos son las principales categorías de proyectos: i) investigación, ii) solución al cliente.

<sup>78</sup> Ver IMP (2002, 2003).

PEMEX unificando las diferentes caras del Instituto Mexicano del Petróleo. 2) Enfocar las áreas del Instituto hacia el negocio y los proyectos con el cliente (Industrias de PEMEX). 3) Mejorar la comunicación, en el trabajo de equipo y con el cliente. 4) Fortalecer la investigación, el desarrollo y la aplicación de tecnología en los proyectos de soluciones con el cliente. 5) Desarrollar de manera consistente al personal y las competencias distintivas del IMP promoviendo la innovación y la flexibilidad.

### ***3.3 Economía y producción tecnológica del IMP, 1967-2001***

La finalidad de esta sección es evaluar la organización del IMP en términos del perfil profesional de sus recursos humanos y las competencias centrales que le permiten producir los *Servicios Tecnológicos y Tecnologías* que ofrece a la industria del petróleo en México. Se compone de tres partes. La primera analiza cómo es la composición de los empleados del IMP por nivel profesional y en relación a su actividad institucional. La segunda estudia cómo es la asignación y la evolución del gasto, así como, la principal fuente de ingresos del IMP. Finalmente, en la tercera, se utilizan las patentes para esbozar las principales tendencias de las trayectorias tecnológicas desarrolladas por el IMP. Estas se examinan, asimismo, en el contexto de su situación institucional.

#### ***3.3.1 Perfil profesional de los empleados***

Las industrias modernas se caracterizan por organizar en el interior de las firmas una investigación y desarrollo tecnológico profesionalizadas.<sup>79</sup> La profesionalización de los actores centrales de dichas actividades en las firmas -los investigadores, ingenieros o inventores-, consiste, primero, en haber realizado estudios de posgrado y/o especialización. En la medida que estas grandes organizaciones<sup>80</sup> incorporan más profesionales con posgrado para investigación, generan mayor capacidad para investigar e innovar dentro de la empresa.<sup>81</sup>

---

<sup>79</sup> Ver Freeman (1974); Enos (1962); Rabó (1994).

<sup>80</sup> La empresa ATT de los EUA es un caso. Para 1925, el gasto en investigación y desarrollo tecnológico en los EUA era de cientos de millones de dólares en las empresas que empleaban en conjunto ya decenas de miles de investigadores y tecnólogos.

<sup>81</sup> Ver Cuadro 3.6. Las estadísticas históricas sobre el empleo y gasto elaboradas por el IMP han registrado la evolución de diferentes aspectos de sus recursos humanos y financieros bajo cuatro rubros principales: i) Servicios, ii) Administración-Finanzas, iii) Capacitación iv) e Investigación. Asimismo, el personal que emplea se clasifica en tres grados profesionales: i) Posgrado, ii) Licenciatura, iv) y Preparatoria o Bachillerato técnico.

La participación de empleados con nivel subprofesional –preparatoria o técnico- pasó de 14 por ciento en los setenta a casi 25 por ciento en los ochenta y decreció hasta 12 por ciento del total en los noventa.<sup>82</sup> Es decir, en la última década la presencia de empleados con nivel subprofesional se redujo por mitad, aunque crecieron de manera incomprensible -durante los ochenta-, para un instituto dedicado a la investigación y desarrollo tecnológico. Por ello, históricamente, se aprecia como este segmento de empleados -con niveles por debajo de la profesionalización universitaria- han predominado en el IMP. El segundo segmento en importancia lo representa el personal con grado de licenciatura (44 por ciento entre 1973 y 2001).<sup>83</sup> Al igual que el segmento anterior, la tendencia en los ochenta fue creciente. Desde los noventa, es el segmento de empleados de mayor cuantía (15 por ciento del total), aunque, su ritmo de crecimiento se desaceleró significativamente (disminuyó en una cuarta parte). Finalmente, entre los setenta y los noventa el personal con posgrado se ha duplicado -pues, pasó de 1.1 por ciento en los setenta hasta 2.5 por ciento en los noventa.<sup>84</sup> En términos de su composición por grado, la mayoría tienen maestría (80 por ciento) y sólo la quinta parte un doctorado (20 por ciento).

El análisis por nivel profesional de las actividades institucionales a las cuales se asignó todo este personal empleado por el IMP se puede analizar históricamente.<sup>85</sup> Como se observa -durante 2001-, la composición del personal empleado por actividad institucional y según grado profesional muestra que:

- i) Sólo una porción marginal del personal se dedica a tareas de investigación y desarrollo tecnológico (6 por ciento). Casi dos terceras

---

<sup>82</sup> Ver Cuadro 3.6.

<sup>83</sup> Ibid.

<sup>84</sup> Ibid.

<sup>85</sup> Ver Cuadro 3.7.

partes del personal se empleó en los servicios técnicos y tecnológicos y capacitación (67 por ciento). Poco más de una cuarta parte (27 por ciento) se emplearon en la administración y finanzas.

- ii) En *Servicios* están empleados la mayor parte del personal con nivel subprofesional (15 por ciento), de licenciatura (39 por ciento) y con posgrado (9 por ciento).
- iii) En contraste, entre aquellos empleados en la *Investigación*, los posgraduados representan apenas la tercera parte de la cifra comparable en los *Servicios* (3 por ciento del total) y los bachilleres, técnicos y licenciados representan uno de los menores montos (3 por ciento del total).

### 3.3.2 El ejercicio del gasto

El registro histórico -durante el periodo 1973-2001- del ejercicio del gasto de operación del IMP, revela que la mayor parte (44 por ciento), se ha canalizado a los *Servicios Tecnológicos y Técnicos*;<sup>86</sup> seguido de *Administración y Finanzas* (28 por ciento); y, *Capacitación* (14 por ciento). La *Investigación y Desarrollo Tecnológico* ha recibido sólo una parte marginal de este gasto histórico de operación (13 por ciento del total). Los *Servicios* mostraron el crecimiento más dinámico del gasto (8 por ciento), mientras que los demás rubros estuvieron por debajo de esta cifra de crecimiento medio anual (6 por ciento). En términos de su evolución respecto del gasto total, entre los sesenta y los noventa, la participación de cada actividad institucional en el gasto de operación fue la siguiente: i) La *Investigación y Desarrollo Tecnológico* casi se ha cuadruplicado; ii) mientras, la

---

<sup>86</sup> Ver Cuadro 3.8.

porción de los *Servicios* casi se triplicó; iii) y, la de *Administración-finanzas* a su vez, se ha duplicado. Sólo la participación de *Capacitación* se mantuvo estancada en una misma proporción del total. En general, el gasto ejercido en los noventa es 2.4 veces el monto ejercido en los setenta.

Otra perspectiva del gasto es su distribución según sea gasto de operación o de inversión. Esta distribución ya está registrada (2001), en términos de la nueva estructura formal de organización.<sup>87</sup> Se observa como la mayor parte es absorbida por la plataforma de *Soluciones* (44 por ciento), seguida de la Plataforma de *Investigación y Desarrollo Tecnológico* (29 por ciento). Esta última a su vez absorbe la mayor parte del gasto de inversión (15 por ciento). Es decir, en este año el gasto de operación para investigación y desarrollo tecnológico se mantuvo dentro de la tendencia histórica (14 por ciento), aunque, con la diferencia de que absorbió el grueso del gasto de inversión del IMP.<sup>88</sup>

Las fuentes de ingresos del IMP se pueden constatar analizando la contratación de proyectos con sus principales clientes. Son las diferentes divisiones corporativas de PEMEX.<sup>89</sup> 1) Exploración y Producción registra el 81 por ciento de los recursos contratados (1.8 mil millones de pesos) y por contratar (1.15 mil millones de pesos). 2) PEMEX Refinación constituye el segundo corporativo en importancia con el 7 por ciento de los contratos firmados (198.3 millones de pesos) y por contratar (69.4 millones de pesos). 3) PEMEX Petroquímica representa el tercer corporativo en importancia, con el 5 por ciento de los contratos firmados (141.3 millones de pesos) y por contratar (41.4 millones de pesos). 4) PEMEX Gas

---

<sup>87</sup> Ver Cuadro 3.9.

<sup>88</sup> Por ejemplo, la compra del “Robot para Química Combinatoria”. Es una maquinaria electrónicamente controlada que costo alrededor de un millón de dólares. Ya se utiliza para realizar cuatro docenas de experimentos químicos a la vez. Con un alto grado de precisión del robot en la combinación de los materiales, así como, en el registro y lectura de los resultados a través de sofisticados programas de cómputo. En la cadena de valor de la innovación de catalizadores sustituye el trabajo de laboratorio tradicional.

<sup>89</sup> Ver Cuadro 3.10; IMP (2003).

y Petroquímica Básica junto con el Corporativo representan el 5 por ciento de los contratos firmados (44.2 millones de pesos) y por contratar (162.4 millones de pesos). 5) Los clientes distintos a PEMEX representan una porción marginal, con menos del 1 por ciento de los contratos y los ingresos (0.7 por ciento). En síntesis, los *Servicios Tecnológicos de Exploración y Producción* son la principal fuente ingresos del IMP (más de cuatro quintas partes de sus ingresos). Los *Servicios Tecnológicos para Refinación, Petroquímica, Gas y la Tecnología de Catalizadores*, representaron la segunda fuente más importante de ingresos del IMP (15 por ciento del monto total). El IMP casi no tiene clientes (0.7 por ciento), que no sean estas cuatro divisiones de PEMEX o su Corporativo (con 3 por ciento del total).

### ***3.3.3 La trayectoria de las patentes***

Un indicador de la capacidad del IMP para inventar posibles soluciones innovadoras en la industria, son las patentes solicitadas en México (1967 y 2000). La patente representa tanto un derecho de propiedad intelectual, como un registro institucional que hace público el conocimiento tecnológico.<sup>90</sup> Durante la vigencia de la patente, su valor estriba en su carácter monopólico en las actividades económicas derivadas del uso de la tecnología que ampara. Además, es un documento que hace perdurar el conocimiento tecnológico, al codificarlo como una tecnología acumulada al estado del arte en la industria. Por ende, de una u otra manera, las patentes siempre forman parte de la estrategia tecnológica de las empresas. Son un mecanismo institucional para que los actores involucrados (propietarios y el público) puedan apropiarse de los beneficios económicos y el

---

<sup>90</sup> Ver Aboites y Soria (1999).

conocimiento tecnológico derivados de la invención e innovación tecnológica.

Este apartado tiene por finalidad analizar las principales trayectorias tecnológicas del IMP en términos de sus patentes de invención. Esto conlleva a su vez a estudiar la estrategia tecnológica del IMP. El flujo general de patentes del IMP se descompone en cuatro áreas de aplicación tecnológica.<sup>91</sup> Expresadas en patentes solicitadas por el IMP -entre 1967 y 2000- las tendencias principales son las siguientes.

En general, el flujo por fase del periodo aumentó hasta principios de los noventa y decreció durante los noventa. La fase 3 -en los ochenta- registra el mayor volumen de patentes.<sup>92</sup> Los *catalizadores y materiales catalíticos* representan menos de la quinta parte de las patentes totales. El crecimiento de la solicitud es sostenido de una fase a otra, durante todo el periodo.<sup>93</sup> Los *productos químicos y aditivos* representan poco más de la cuarta parte de las patentes totales y registran un crecimiento sostenido de la solicitud sólo hasta principios de los noventa. Se mantienen sin cambio en esa proporción durante los noventa.<sup>94</sup> Los *procesos químicos y refinación* representan la cuarta parte de las patentes totales. Las solicitudes crecieron hasta principios de los noventa y se desploman durante los años noventa.<sup>95</sup> Los *Equipos y Otros* representan el área de aplicación de mayor cuantía en volumen, crecimiento y descenso. En efecto, las solicitudes crecieron de manera significativa hasta principios de los noventa y de manera desmedida entre el segundo y tercer periodo. Luego, durante los noventa, también se desploman.<sup>96</sup>

Las diferentes áreas de aplicación tecnológica de las patentes pueden

---

<sup>91</sup> Ver Cuadro 3.11.

<sup>92</sup> Ver Cuadro 3.11, Columna 5.

<sup>93</sup> Ver Cuadro 3.11, Columna 1.

<sup>94</sup> Ver Cuadro 3.11, Columna 2.

<sup>95</sup> Ver Cuadro 3.11, Columna 3.

<sup>96</sup> Ver Cuadro 3.11, Columna 4.

analizarse también en términos del estado institucional<sup>97</sup> que guardan. Tres son los principales rasgos de su comportamiento en esta perspectiva.<sup>98</sup> Primero, están las trayectorias de patentes menos dinámicas: *Equipos y Otros; Procesos Químicos y Refinación*. Son menos dinámicas porque agregadas registran altos niveles de abandono (28 por ciento) y un bajo nivel de solicitud y concesión (18 por ciento). Segundo, las más dinámicas son: *Productos Químicos y Catalizadores*, pues, agregados, registran menores niveles de abandono (15 por ciento) y mayores niveles de solicitud y concesión (24 por ciento). Tercero, en general, el monto total de abandono de las patentes solicitadas por el IMP es alto (43 por ciento). Sumado a las patentes del dominio público, se obtiene cuantas patentes ya no funcionan como derecho monopólico de propiedad intelectual (58 por ciento). En el caso del IMP, este monto representa la porción mayor de todas las patentes solicitadas a lo largo de su historia.

---

<sup>97</sup> *Solicitud* significa que se está tramitando el dictamen como patente. *Concesión* refiere a patentes otorgadas en tanto derecho de propiedad intelectual. *Dominio Público* significa aquellas que han fenecido por haber recorrido toda la vigencia institucional marcada por Ley. Estas pueden ser utilizadas por cualquiera sin pago de regalías. *Abandonada* significa que el interesado renuncia a proseguir con obtener el dictamen de una patente en proceso de solicitud. Las patentes también pueden abandonarse cuando durante su proceso de vigencia se dejara de pagar los derechos de Ley. Una trayectoria tecnológica expresada por medio de patentes tiene mayor fortaleza cuando su nivel de abandono es bajo y el de su solicitud y concesión elevados. Por el contrario, si el nivel de abandono es alto y el de la solicitud bajo, entonces es una trayectoria débil, tecnológicamente hablando. Bajos niveles de patentes del dominio público puede significar una trayectoria tecnológica emergente.

<sup>98</sup> Ver Cuadro 3.12.

### **3.4 Hallazgos y reflexiones**

#### **3.4.1 La fundación del IMP y la organización de la investigación**

La estrategia inicial para crear “competencias o capacidades” de desarrollo tecnológico en México, fue identificar los problemas de investigación relevantes, pues, las primeras demandas de PEMEX eran soluciones de *Servicios* no procesos de *Investigación* científica y tecnológica. Un primer obstáculo para formar el grupo original de investigación científica y tecnológica para la industria del petróleo fue la escasez de recursos humanos especializados en México. El otro obstáculo fueron las resistencias de PEMEX para permitir la investigación científica de ciertos problemas en sus instalaciones. La institución solamente permitió la investigación científica en la División de Refinación.

#### **3.4.2 Relación entre investigación y servicios**

El contexto era el sistema productivo de PEMEX que se alimentaba completamente de la transferencia de tecnología extranjera y que demandaba determinados servicios que las empresas extranjeras no deseaban ofrecer. Así, al fundarse el IMP, la relación entre la *Investigación* y los *Servicios* cobró una especial importancia dentro: la organización estaba en posibilidades de ofrecer los servicios, más no las tecnologías. Con esto y desde entonces, los Servicios han sido la principal fuente de ingresos del IMP, no la Investigación.

### ***3.4.3 Estrategias del modelo disciplinar de investigación tecnológica***

La producción de conocimiento tecnológico se basó en las actividades disciplinares de la investigación básica y aplicada. Las estrategias eran dos: seleccionar tecnologías factibles de desarrollarse en México e imitar tecnología de empresas extranjeras para optimizar las compras de PEMEX.

### ***3.4.4 Innovación organizacional de la estructura formal***

En comparación con la estructura histórica de organización –jerarquía vertical y burocracia multidivisional–, la nueva estructura formal articula un conjunto de cambios organizacionales seleccionados del estado del arte existente e implanta una *innovación organizacional*. Reorganiza las actividades sustantivas del IMP: investigación tecnológica y servicios tecnológicos e incorpora nuevas. Sin embargo, dos obstáculos se alzan ante los cambios innovadores de la estructura formal: la nueva estructura exige un alto grado de coordinación entre los diferentes funcionarios involucrados; PEMEX puede no aceptar la oferta de tecnología que le ofrece el IMP sino demandar servicios. Los principales cambios se tipifican de la siguiente manera. *A. Nuevos Programas:* Investigación, Posgrado y Medio Ambiente. *B. Nuevas tecnologías:* Informática Administrativa, Informática Tecnológica y Maquinaria y equipo. *C. Capacidades organizacionales:* Plataformas y competencias organizacionales, Trabajo en equipo, Modelos de gestión, Sistema de calidad.

### ***3.4.5 El perfil profesional de los recursos humanos del IMP***

La evidencia histórica muestra, relativamente, un bajo nivel de profesionalización del IMP en tanto organización de investigación y desarrollo tecnológico. La Investigación y Desarrollo Tecnológico dan cuenta de la menor porción de los recursos de operación históricos –humanos y financieros. Los empleados con posgrado todavía representan una porción marginal y la mayor parte están adscritos a los Servicios, no a la Investigación.

### ***3.4.6 Gasto, Fuentes de ingreso e inversión***

Los *Servicios Tecnológicos y Técnicos* para *PEMEX Exploración y Producción* constituyen la principal fuente de ingreso y gasto. Aunque, en la nueva estructura de inversión se otorgó mayor peso a la *Investigación*, el IMP mantiene una fuerte orientación hacia los servicios tecnológicos de PEMEX.

### ***3.4.7 Las capacidades tecnológicas del IMP y patentes***

La evidencia de patentes indica que el IMP registra invenciones e innovaciones en diferentes trayectorias tecnológicas dentro de la industria química y del petróleo desde 1967, aunque la tendencia reciente (2001) registra una desaceleración del número total de solicitudes de patentes por el IMP. Las patentes de *Catalizadores* en los noventa han sido las de crecimiento más dinámico por su vinculación al mercado de los combustibles en México.

*Introducción*

La finalidad del presente capítulo es exponer la evolución histórica de la organización de la investigación y revisar la evolución tecnológica y económica del *Área de Catálisis* del IMP. Se divide en tres secciones y al último se revelan los hallazgos más importantes. La primera analiza la evolución del *Área de Catálisis* – entre 1967 y 2003, conforme cambia la estructura formal de su organización. Aborda la etapa de construcción de capacidades de investigación de catalizadores en el IMP, su desarrollo y la diversificación de las trayectorias tecnológicas (1967-1992). Ilustra sobre la forma integral de organizar la investigación, servicios y comercialización de catalizadores, así como la introducción de la innovación organizacional (1993-2003). La segunda estudia las capacidades y trayectorias tecnológicas de catalizadores en México. Revela cual ha sido el aprendizaje del patrón de solución tecnológico. Analiza las trayectorias tecnológicas registradas en patentes y fruto de la investigación tecnológica básica y aplicada dentro del *Área de Catálisis* del IMP. La tercera dilucida la evolución en el mercado de las trayectorias tecnológicas, la economía del *Negocio* de catalizadores del IMP, así como del papel de los *Servicios* ofrecidos por el *Área de Catálisis*.

#### ***4.1 La evolución de la organización del Área de Catálisis, 1967-2003***

El objetivo de esta primera sección es analizar el cambio en la estructura formal de organización del *Área de Catálisis*<sup>1</sup> del IMP –desde su fundación (1967) hasta la actualidad (2003), y averiguar sobre las diferentes formas de ordenar la investigación y el desarrollo tecnológico de catalizadores al ir cambiando la estructura. Contiene dos partes. Iniciamos abordando la primera *Etapa* (1967-1992), durante la cual toma lugar la adquisición y desarrollo de capacidades tecnológicas esenciales para diseñar catalizadores. Esta etapa consta de tres fases. Una primera *Fase* (1967-1974) de construcción de las primeras capacidades de investigación. Una segunda *Fase* (1975-1982) de desarrollo de la investigación básica y aplicada. La tercera *Fase* (1983-1992) es de diversificación de las trayectorias tecnológicas de catalizadores IMP. Continuamos abordando la segunda *Etapa* (1993-2003), en la cual se establecen determinadas formas de ordenar las capacidades de innovación de catalizadores. Se compone a su vez de dos fases. En la primera *Fase* (1993-1999), se consolida una *forma integral de organizar* la investigación, servicios y comercialización de catalizadores. En la segunda *Fase* (2000-2003), se introduce la innovación organizacional en el IMP y el *Área de Catálisis*.

##### ***4.1.1. Desarrollo de las capacidades de investigación tecnológica de catalizadores del IMP, 1967-1992***

El objetivo inicial al fundarse el *Área de Catálisis* del IMP (1967) era aprender los fundamentos del comportamiento catalítico. En especial, asimilar el conocimiento tecnológico de los catalizadores extranjeros disponibles en el

mercado y utilizados por PEMEX Refinación.<sup>2</sup> A continuación se relata la evolución de la forma de organizar la investigación tecnológica y el desarrollo de tecnología dentro de la estructura formal de organización del *Área de Catálisis*.<sup>3</sup>

### ***A. Fase I: Construcción de las capacidades básicas de investigación, 1967-1974***

La introducción y adquisición de la disciplina científica y tecnológica de la “*Catálisis*” por el IMP se dio bajo el razonamiento de que la industria de combustibles y petroquímicos refinados del petróleo, dependían en lo fundamental, de procesos de producción basados en el paradigma de la química catalítica heterogénea. La investigación sobre catálisis en México se gestó dentro de la *División de Química* de la *Subdirección de Investigación Científica Aplicada*.<sup>4</sup> Al inicio se había planeado una *Subdirección* organizada en dos *Divisiones: Ciencias aplicadas* y *Computación*. Cada una a su vez compuesta por un conjunto de departamentos.<sup>5</sup> Sin embargo, para efectos prácticos, lo que realmente se concretó fue una organización basada en dos *Divisiones*,<sup>6</sup> que en el planteo original, se consideraban sólo como departamentos: *Química* y *Física*. Concretamente, la *Catálisis* inició en el *Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores* de la

---

<sup>1</sup> “Área de Catálisis” será la manera genérica de referirse a las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico de catálisis, catalizadores y materiales catalíticos dentro del IMP, asociados a las diferentes estructuras formales de organización.

<sup>2</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Manjarréz (2003); Soria y Maldonado (2003); Soria y Schifter (2003).

<sup>3</sup> Ver Cuadro 4.1.

<sup>4</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Manjarréz (2003). La construcción inicial de las capacidades básicas sobre catálisis en la SICA del IMP fue dirigida por el Dr. Leopoldo García Colín Scherer y la catálisis como tal corrió a cargo del Dr. Joaquim M. Ferreira Fihlo. Se constituyó originalmente con: i) dos doctores; L. García-Colín. S. quien comenzó a laborar en el IMP en febrero de 1967 y J. Ferreira F. quien se incorporó al inicio de 1968; ii) tres ingenieros en computación, iii) y, una secretaria. Entre 1967 y 1974 el 80 por ciento del presupuesto para investigación se destinó a investigación aplicada y el 20 por ciento restante a investigación básica. Ver García-Colín (1989).

<sup>5</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 1; Diagrama 4.1.

<sup>6</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 2; Diagrama 4.2.

*División de Química.*<sup>7</sup> A lo largo de esta fase –con la paulatina compra de equipo, instrumentos y materiales- se fue creando la infraestructura mínima de laboratorio necesaria para experimentar y evaluar catalizadores y materiales catalíticos. Con la creación de la *División de Catálisis* -en 1974- se reconoció formalmente como capacidad en sí misma, distinta de la química o la física.<sup>8</sup>

La Dirección General del IMP –desde el inicio, le encomendó casi completamente a la *Subdirección de Investigación Científica Aplicada* definir las tareas de investigación, a partir de un listado de alrededor de cuarenta problemas – que según PEMEX necesitaban resolverse mediante investigación científica y tecnológica. Sin embargo, de todos estos –para la *Subdirección*- sólo uno era realmente un problema que ameritaba someterse a un proceso de investigación científica aplicada.<sup>9</sup> Los demás eran cuestiones de servicios técnicos o tecnológicos.<sup>10</sup> En consideración de los informantes calificados,<sup>11</sup> en el inicio de sus actividades, PEMEX demandaba determinados *Servicios* al IMP, no *Tecnologías*. Los funcionarios no tenían una idea clara en que consistía y tampoco lo que podía esperarse de la investigación científica aplicada. Cabe señalar, en un primer momento, PEMEX no permitió al IMP investigar problema alguno en el área de *Exploración o Producción o Petroquímica*. Sólo permitió entrar a resolver

---

<sup>7</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Manjarréz (2003). Los demás investigadores quienes formaron este grupo pionero de la catálisis se profesionalizaron al nivel de Doctorado en el extranjero: i) En los EUA, originario de Brasil, el Dr. Joaquim Ferreira Filho (Stanford). ii) En Francia, los mexicanos: Dr. Antonio Campero Celis (París), Dr. Guillermo Etienne Berúmen (París), Dr. Vicente Mayagoitia Vázquez (París), Dra. Graciela Chacón Díaz (Lyon), Dra. Susana Chow Pangtay (Marsella), Dra. Hildia Pérez Villagómez (París). iii) En la ex URSS: Dr. Carlos Maldonado Mendoza (Moscú), Dr. Julio Zenith Rivera (Moscú). iv) Asimismo, otra parte del grupo de investigadores provino del Instituto de Química de la UNAM y fueron: Mto. Raúl Cetina Rosado, Mto. Héctor Menchaca Solís, Mto. Ricardo Gómez Romero, Mto. Miguel Pérez Luna, y, el Mto. Eloy Vázquez Labastida.

<sup>8</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 3; Diagrama 4.3.

<sup>9</sup> Este problema consistía en cómo utilizar el etileno –que PEMEX producía en cantidades exorbitantes-, para hacer una materia prima de mayor valor. En efecto, del etileno se obtiene butileno y de este el butaleno, que era la materia prima para fabricar hule. Pero la síntesis del butaleno a partir del etileno era, en ese entonces, un reto universal, en el cual muchas empresas extranjeras en el mundo estaban investigando. Ver Soria y García-Colín (2003); García-Colín (1989).

<sup>10</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); García-Colín (1989); IPN (1992).

<sup>11</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Manjarréz (2003); Soria y Schifter (2003).

ciertos problemas de investigación en el área de *Refinación* de combustibles.<sup>12</sup>

Eventualmente, comenzaron a fluir demandas concretas planteadas por PEMEX Refinación al IMP (1970). Una de las primeras fue en realidad un *Servicio Tecnológico*: que la *División de Catálisis* realizara el servicio de “caracterizar” los catalizadores extranjeros.<sup>13</sup> Los funcionarios en PEMEX consideraban que saber de qué estaban hechos los catalizadores comprados a las empresas extranjeras, era una información tecnológica valiosa para establecer una política de precios al negociar la compra de catalizadores. También, a solicitud de la Subdirección de Producción de PEMEX<sup>14</sup>, la *División de Catálisis* de la *Subdirección de Investigación Científica Aplicada* realizó investigación aplicada orientada al estudio y desarrollo tecnológico de catalizadores de Hidrodesulfuración<sup>15</sup> y de Reformación de nafta<sup>16</sup>. Al mismo tiempo, en la *Subdirección de Refinación y Petroquímica* del IMP se estaba desarrollando el proceso DEMEX –para desmetalizar el petróleo crudo y por solicitud de PEMEX; y técnicas analíticas de cromatografía necesarias para la investigación y servicios. La posibilidad de desarrollar catalizadores se debió a que PEMEX siempre afronta el problema de saber qué catalizador está comprando, y también, necesita mejorar su producción en refinación –dado el incremento sostenido de la demanda de gasolina desde hace más de tres décadas; sin alterar en lo sustancial la ingeniería de los procesos en las plantas refinadoras. Por su papel

---

<sup>12</sup> Esto a instancias del Ing. Héctor Lara Sosa, Director de Producción Primaria de PEMEX.

<sup>13</sup> Ver Soria y Schifter (2003). Estudiar un catalizador o material catalítico para saber que es, en que proporciones y como se comporta química y físicamente.

<sup>14</sup> Por parte del Ing. Héctor Lara Sosa.

<sup>15</sup> Desde 1969; el primer catalizador comercial de Hidrodesulfuración (IMP-DSD-1-K), sería fabricado por primera vez en 1979. Sin embargo, su desarrollo inició una década antes, a finales de los sesenta. La patente se solicitó el 18 de Febrero de 1972, se otorgó en 1975 y pasó a Dominio Público en 1987. El inventor fue el Dr. Antonio Campero Celis. El título de la patente: “COMPOSICION CATALITICA MEJORADA PARA LA HIDRODESULFURACION Y PROCEDIMIENTO PARA SU OBTENCION”.

<sup>16</sup> Desde 1972; el primer catalizador comercial de Reformación de Nafta (IMP-RNA-1), sería fabricado por primera vez en 1984. Sin embargo, su desarrollo inició más de una década antes, al principio de los setenta. La patente se solicitó el 3 de Octubre de 1980, se otorgó en 1988 y pasó a Dominio Público en 2002. Los inventores fueron: J. Ferreira F., C. Maldonado, J. Zenith R., R. Gastelum O. El título de la patente: “PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE UN CATALIZADOR BIMETALICO PARA LA REFORMACION DE HIDROCARBUROS”.

crucial en la dimensión tecnológica del proceso de producción de combustibles, los catalizadores son tecnologías estratégicas.<sup>17</sup> Así, impulsadas por PEMEX Refinación, la disciplina de la *Catálisis* y la tecnología de los *Catalizadores* se asimilaron hasta generar una capacidad tecnológica primaria del IMP.<sup>18</sup>

Estas demandas de PEMEX motivaron la implantación de una serie de técnicas analíticas para la determinación de las propiedades fisicoquímicas básicas y texturales de los sólidos catalíticos desarrollados. La necesidad de contar con capacidad propia para el estudio y desarrollo de catalizadores, llevó a la ampliación de la infraestructura de laboratorio.<sup>19</sup> Incluyó adquirir equipos y desarrollar mejores técnicas de caracterización de los materiales catalíticos.<sup>20</sup> En términos de la investigación básica, todo este proceso de investigación tecnológica implicó la apertura de nuevas líneas de investigación teórica. En especial, una dedicada al estudio de los fenómenos catalíticos utilizando los métodos de la Química

---

<sup>17</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998). Véase en la siguiente sección el apartado sobre el “patrón tecnológico”.

<sup>18</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Manjarréz (2003); Soria y Maldonado (2003); Soria y Schifter (2003). A partir de este marco inicial, la *Catálisis y los Catalizadores* en el IMP fueron acumulándose como capacidades esenciales. Éstas incluían el desarrollo teórico y experimental de sistemas de reacciones catalíticas, mediante la síntesis, caracterización y evaluación de catalizadores, tanto a escala de micro reacción como de reactor de banco. Se crearon las capacidades mínimas de infraestructura en forma de laboratorios especializados. Asimismo, ya se habían solicitado al menos 12 patentes sobre catalizadores o materiales catalíticos (desde 1969). Este proceso de construcción de capacidades tecnológicas se formalizó en la estructura de organización al crearse la *División de Catálisis* (1974).

<sup>19</sup> Ver Soria y Manjarréz (2003). Un edificio provisional en el IMP (“La granja”, Edif. No. 25) en donde se montaron las primeras plantas originales para la evaluación de catalizadores a escala microreacción. En esa misma época fueron inaugurados los talleres de soplado de vidrio bajo la dirección del Sr. Frey, el taller de electrónica bajo la conducción del Dr. Giorgio Loria y el taller mecánico a cargo del Sr. Arturo Miranda, los cuales coadyuvaron al diseño, montaje y control de las plantas de evaluación.

<sup>20</sup> Ver Soria y García-Colín (2003); Soria y Manjarréz (2003). El primer sorptómetro en México fue instalado y dirigido en esta época por el Dr. Vicente Mayagoitia. Las primeras técnicas de adsorción química de gases basadas en la volumetría y gravimetría Balanza Cahn, fueron implementadas por el Dr. Ricardo Gómez y el Dr. J. Zenith. Las técnicas de análisis térmico fueron desarrolladas por Lorenzo Raso y M. Asomoza, mientras que el laboratorio de rayos X fue desarrollado bajo la dirección del Fis. Marcos de Teresa y Carral. El laboratorio de resonancia paramagnética electrónica fue dirigido por el Dr. Virgilio Beltrán. Otras técnicas analíticas de apoyo surgieron en la Subdirección de Refinación y Petroquímica (RP) bajo la supervisión de la Quím. Amada Cortés Rubio. La espectroscopía de absorción atómica se instaló en esa área, así como un microscopio electrónico de transmisión, en una época en que estos instrumentos eran raros en México.

Cuántica<sup>21</sup>. Con esto, por ejemplo, se logró establecer algunos resultados básicos sobre la naturaleza de los centros activos en las reacciones de hidrogenación de estireno. Finalmente, desde entonces, ha habido cursos especializados y conferencias o seminarios impartidos en el IMP por científicos y tecnólogos reconocidos a nivel internacional.<sup>22</sup>

En esta fase de construcción de las capacidades tecnológicas esenciales inició también el proceso de la profesionalización de los recursos humanos en *Catálisis y Catalizadores* al nivel posgrado. Los primeros becarios del IMP fueron enviados al extranjero a realizar estudios de doctorado en Francia.<sup>23</sup> Al mismo tiempo, el IMP comenzó a incorporar a sus proyectos de investigación a estudiantes seleccionados de universidades públicas mexicanas, para que realizaran la tesis de licenciatura sobre la industria del petróleo. Los más calificados, al finalizar sus estudios, fueron invitados a incorporarse al IMP. Ellos también, se especializaron en diversas ramas de la *Catálisis* realizando sus estudios de doctorado en Europa.<sup>24</sup> La escuela francesa<sup>25</sup> predominó en la formación de la mayoría de estos últimos investigadores dedicados a la *Catálisis* y los *Catalizadores* en el IMP. Aunque, existieron algunos casos en los cuales la formación de posgrado se realizó en la URSS o los EUA.

Finalmente, esta primera fase de construcción de capacidades tecnológicas esenciales culminó con una ruptura dentro del nivel directivo. En efecto, debido a diferencias –con PEMEX y la Dirección General del IMP-, sobre la orientación, significado y recursos que implica desarrollar investigación aplicada y básica en un

---

<sup>21</sup> Es decir, métodos semi empíricos y de pseudopotenciales (CNDO), establecidos por el Dr. Octavio Novaro P. El descubrió que el sitio activo derivado del ión PdCl<sub>2</sub><sup>-</sup> puede cambiar su número de coordinación e intercambiar ligantes con el medio de reacción. Otro resultado de interés fue la postulación del sitio activo para polimerización del estireno, formado por un ión octaédrico del compuesto Ti-Al.

<sup>22</sup> En esta fase inicial, algunos ejemplos de invitados fueron: R. A. van Nostrand y F.G. Ciapetta de E.U. y J. P. Joly de Francia.

<sup>23</sup> Entre ellos Ricardo Linarte Lazcano y Ricardo Gómez R.

<sup>24</sup> Entre ellos Isaac Schifter Secora, Pedro Bosch Giral, José Manuel Domínguez E., Enrique Rico A., Sergio Fuentes M., Gerardo Ferrat T., Gabriel Aguilar R. y Leonel González C.

<sup>25</sup> Institut de Recherches sur la Catalyse, Lyon

país sin capacidades previas como México, el Dr. L. García-Colín renunció a continuar dirigiendo la Subdirección a su cargo (1973). Su salida del IMP marcó el fin de una primera fase, de la etapa inicial de construcción de capacidades de investigación tecnológica en catálisis y catalizadores en el IMP.<sup>26</sup> Esta ruptura significó el desmantelamiento del primer grupo profesional fundado en México para investigar sobre *Catálisis y Catalizadores*. En su corta vida, este grupo ya había logrado: instalar laboratorios y plantas de pruebas; servicios tecnológicos de caracterización de catalizadores; desarrollar el diseño de tecnología de catalizadores orientados a las industrias de refinación y petroquímica en México. En otro sentido, con la ruptura se dio un efecto positivo. La disciplina de la *Catálisis* en México se expandió más allá del IMP, al migrar a la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa un grupo importante y experimentado de los investigadores de la *División de Catálisis*.<sup>27</sup> Actualmente, la UAM Iztapalapa constituye junto con el IMP uno de los dos pilares de la *Comunidad de la Catálisis* en México.<sup>28</sup>

Las principales capacidades de investigación y desarrollo tecnológico creadas durante esta fase fueron:<sup>29</sup> 1) Poder identificar cuantitativa y cualitativamente el efecto de variables estructurales y de composición química en el proceso catalítico. 2) Conocer los procesos catalíticos usados en instalaciones y plantas en operación de PEMEX Refinación. 3) Crear la plataforma básica de ciencia y tecnología sobre catálisis a partir de la actividad refinadora de PEMEX. 4) Caracterizar, evaluar y sintetizar los catalizadores utilizados en las plantas de

---

<sup>26</sup> Véase en la primera sección del Capítulo Tres el modelo de investigación tecnológica instituido en el IMP.

<sup>27</sup> Esta ruptura, que implicó una pérdida de recursos humanos altamente capacitados por y para el IMP, significó, en cambio, un beneficio para la creación de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería de la Unidad Iztapalapa de la UAM. En efecto, esta universidad incorporó a sus aulas y departamentos de investigación académica al grupo encabezado por el Dr. García Colín. La UAM se fundó en enero de 1974.

<sup>28</sup> Ver Gil (1999); Ramírez Corredores (2000); Petrotecnia (2001).

<sup>29</sup> Ver IMP (1998a).

## PEMEX Refinación.

En suma, las demandas de *Servicios Tecnológicos y Diseño de Tecnología de Catalizadores* por PEMEX explican el desarrollo de las capacidades tecnológicas del IMP en *Catálisis y Catalizadores*. La estrategia de PEMEX era financiar la investigación en el IMP para hacerla capaz de producir un diseño tecnológico de catalizador propio, que actuara como un contrapeso en la negociación de los precios establecidos para los catalizadores diseñados y fabricados por las empresas extranjeras.

### ***B. Fase II: Desarrollo de la investigación básica y aplicada, 1975-1982***

A mediados de los setenta, la *Subdirección de Investigación Científica Aplicada* se convirtió en la *Subdirección de Investigación Básica de Procesos*, organizada en cuatro *Divisiones* interdisciplinarias:<sup>30</sup> Físicoquímica de Superficies, Catálisis, Termodinámica y Fenómenos de Transporte, Cinética y Mecanismos de Reacción.<sup>31</sup> Esta *Subdirección* se enfocó fundamentalmente hacia la realización de actividades de investigación básica. Por su parte, la actividad de la *Subdirección de Refinación y Petroquímica* continuó enfocándose hacia la investigación aplicada. A esta *Subdirección* estuvo asignada la instalación y desarrollo de las plantas piloto. Estas son un elemento esencial de un proceso de investigación y desarrollo tecnológico, pues permiten probar tecnologías a una escala preindustrial. En esta *Subdirección* se iniciaron los trabajos para desarrollar un catalizador industrial de hidrodesulfuración, que, eventualmente, logró probarse en una planta de PEMEX

---

<sup>30</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 4; Diagrama 4.4.

<sup>31</sup> La SIBP fue dirigida por el Dr. Armando Manjarréz y las tres primeras Divisiones por: el Dr. Salvador Malo A., Dr. Joaquín Ferreira, Dr. Luis Ponce; respectivamente.

Refinación.<sup>32</sup> Éste desarrollo demostró que el IMP había acumulado las capacidades tecnológicas indispensables, que son características del desarrollo tecnológico propio. Mostró como el Área de Catálisis del IMP avanzó de la frontera de la *imitación* simple de catalizadores extranjeros, hasta el campo de la *replica* de un producto industrial mediante capacidades propias.<sup>33</sup>

En efecto, los materiales de este catalizador fueron adquiridos en los EUA. El proceso de su integración se realizó en la Ciudad de México. El escalamiento industrial y su manufactura se llevo al cabo en una pequeña fábrica de productos químicos en la Colonia Industrial Vallejo. En la Refinería de Minatitlán, la prueba industrial del catalizador fue técnicamente exitosa.<sup>34</sup> Sin embargo, fabricarlo en México era incosteable. Entonces, fue necesario replantear la estrategia del desarrollo tecnológico y la fabricación propia de catalizadores en México.<sup>35</sup> Los altos costos de fabricación en México llevaron a un nuevo planteamiento estratégico.<sup>36</sup> El primer catalizador con diseño IMP comercializado en PEMEX Refinación (el denominado IMP-DSD-1-U) fue fabricado en sociedad con una empresa extranjera -la Universal Oil Products.<sup>37</sup> Del mismo modo, el primer catalizador comercialmente exitoso (IMP-DSD-1-K), se fabricó a finales de los setenta,<sup>38</sup> en sociedad con la empresa United Catalysts Internacional. Primero con materiales de la empresa Kaiser y posteriormente con materiales de la empresa Discovery Chemicals.

---

<sup>32</sup> El Dr. Armando Manjarréz, hasta entonces investigador de la SRP, en colaboración con el Dr. Ricardo Linarte y el Ing. Eloy Vázquez de la SIBP lograron desarrollar este primer catalizador industrial.

<sup>33</sup> Ver Teece et al. (1997).

<sup>34</sup> Una anécdota durante la prueba en planta del catalizador mostró la nula experiencia industrial de los investigadores del IMP. Para cargar un catalizador en el reactor de la planta se necesitaba una malla especial. Cuando los investigadores del IMP llegaron a la planta para probarlo, el operador de la planta les pregunto, -¿y la malla, quien la trae?. Ellos no sabían que era necesaria. Lo que hizo el operador entonces, fue tomar una prestada de los lotes de catalizadores de empresas extranjeras. Ver Soria (2003b).

<sup>35</sup> Ver Soria y Manjarréz (2003).

<sup>36</sup> Ver IMP (1998a).

<sup>37</sup> En 1976.

<sup>38</sup> En 1979.

### ***C. Fase III: Desarrollo de las trayectorias tecnológicas de catalizadores del IMP, 1983-1992***

Esta fase inicia con la creación de la *Subdirección General de Transformación Industrial*,<sup>39</sup> a la cual quedaron adscritas, tanto la *Subdirección de Investigación Básica de Procesos* como la *Subdirección de Refinación y Petroquímica*.<sup>40</sup> Uno de los objetivos de la nueva *Subdirección General* era coordinar las actividades en torno a los catalizadores, que venían realizándose hasta entonces en forma independiente, por estas dos *Subdirecciones*. La *Investigación Básica en Catálisis y Materiales* se realizaba en la primera *Subdirección*, utilizando los laboratorios especializados. La *Investigación Aplicada de Catalizadores* se realizaba en la otra *Subdirección*, que controlaba las plantas piloto. Esta última recibía desde entonces mayores apoyos de PEMEX Refinación.

Esta fase se caracterizó por la diversificación de las trayectorias tecnológicas de catalizadores, debido al avance en el desarrollo de capacidades tecnológicas de catalizadores.<sup>41</sup> En efecto, los investigadores del área de *Investigación Básica* lograron diseñar en sus *Laboratorios* determinados soportes catalíticos, así como ciertos elementos activos. A su vez, mediante la *Investigación Aplicada* se logró integrar ciertos diseños propios de materiales catalíticos, junto con materiales comerciales, en nuevas formulaciones de catalizadores evaluadas con éxito al nivel de *Planta Piloto*.

El resultado de esta interacción fue el diseño de formulaciones catalíticas comercialmente exitosas –hacia finales de lo ochenta y principios de los noventa. Estas formulaciones diseñadas por el IMP igualaron y superaron el desempeño de los catalizadores extranjeros usados por PEMEX Refinación. Los casos más

---

<sup>39</sup> Bajo la dirección del Ing. Francisco Cossío de los Santos, quien provenía de la áreas operativas de PEMEX.

<sup>40</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 5; Diagrama 4.5.

<sup>41</sup> Catalizadores HDS, RN, FCC, Aditivos FCC, Polimerización.

significativos –según las solicitudes de patentes registradas–, muestran tanto el diseño de materiales catalíticos (zeolitas y alúminas) como catalizadores (HDS y FCC). Conforme se desarrolló esta fase, la investigación aplicada se consolidó en la medida en que fue captando una porción cada vez mayor del gasto de inversión del IMP. Se construyeron *Laboratorios* en un edificio nuevo y fueron adquiridos equipos novedosos. También, se contrató más personal para la investigación aplicada. PEMEX Refinación estableció metodologías de trabajo con una fuerte orientación a satisfacer sus necesidades industriales como el cliente monopsónico en materia de catalizadores.<sup>42</sup>

Estos criterios y políticas promovidos por PEMEX fueron, sin embargo, desiguales sobre los tipos de actividad de investigación del IMP. Favoreció la investigación aplicada de catalizadores y decayó el interés por la investigación básica, en especial el diseño de materiales catalíticos. Esta presión por PEMEX Refinación condujo a una disminución sensible del número de investigadores con doctorados y al desmantelamiento progresivo de algunos grupos de investigación básica. Inclusive, este deterioro de la investigación básica propició un cambio en la estructura formal de organización del IMP, al crearse la *Subdirección General de Investigación Aplicada*,<sup>43</sup> la cual absorbió a la *Subdirección de Investigación Básica de Procesos*. También se fundó el *Consejo Consultivo de Investigación*, y, por primera vez, se estableció un sistema de evaluación e incentivos a la productividad científica y tecnológica: el *Tabulador de Investigadores Numerarios*.<sup>44</sup> Asimismo, se reorganizaron las áreas de investigación por disciplinas, estableciéndose políticas a corto, mediano y largo plazo.

---

<sup>42</sup> En este periodo -el Ing. Oliverio Moreno-, empleado de PEMEX Refinación realizaba una estancia en el IMP.

<sup>43</sup> Ver Diagrama 4.5; dirigida por el Dr. Salvador Malo A. en 1989.

<sup>44</sup> Encabezado por el Dr. Ángel Fierros P. Junto con este sistema interno de incentivos, se encuentra el Sistema Nacional de Investigadores, un sistema de incentivos para investigadores al nivel federal. El IMP aporta investigadores y tecnólogos al SNI (2003).

No obstante toda esta reorganización, la inversión en investigación básica disminuyó sensiblemente. Estas actividades siempre demandan importantes apoyos financieros, para la adquisición de equipos costosos, gastos de operación elevados y materiales especializados. Sin embargo, para la administración en turno, dichas inversiones no se justificaban. Consideraban bajo su impacto comercial en las actividades del negocio de catalizadores. Algunos investigadores del IMP han caracterizado esta etapa como una década perdida en materia de crecimiento de las áreas de investigación básica. Tal situación de la investigación básica se generalizó hacia principios de los noventa,<sup>45</sup> evidenciándose en la baja productividad medida por publicaciones científicas y patentes, así como una nueva migración de investigadores y funcionarios de alto nivel del IMP hacia la UNAM y otras universidades públicas.<sup>46</sup> Esta dinámica entre investigación básica y aplicada resultó en una nueva ruptura en el *Área de Catálisis* del IMP.

#### ***4.1.2 La consolidación del modelo externo de innovación de catalizadores, 1993-2003***

La estrategia principal del IMP en esta nueva etapa fue suministrar a PEMEX Refinación catalizadores mejorados respecto de los de competidores extranjeros.<sup>47</sup> Este suministro, se realizó en asociación con determinados socios tecnológicos<sup>48</sup>. Esta etapa de la evolución de la estructura formal de organización del *Área de Catálisis* se conforma de dos fases, que tienen en común la orientación de negocio. Aunque, difieren de manera importante en la forma de organizar la investigación y

---

<sup>45</sup> Entre 1992 y 1993.

<sup>46</sup> El Dr. Hector O. Nava Jaimes sustituyó al Dr. Malo en 1991 al frente de la SGIA.

<sup>47</sup> Las mejoras incluían: i) nueva distribución de porosidad; ii) soportes ajustados a propiedad actividad catalítica; iii) especies metálicas opcionales; iv) combinación de metales; v) cambios en composición; vi) nuevas técnicas de impregnación; vii) y depósito de especies activas en soporte.

desarrollo tecnológico de catalizadores. La primera de estas fases abarca desde principios de los noventa hasta el fin de la década. La segunda arranca con el inicio del nuevo milenio.

**A. Fase IV: Orientación de negocio de las capacidades de investigación tecnológica acumuladas, 1993-1999**

Durante la primera mitad de los noventa (1993), la *Dirección General* estableció un enfoque de “Orientación al Negocio” al organizar las actividades del IMP. Con base en este principio de organización, desaparecieron la *Subdirección General de Investigación Aplicada*, así como, las *Subdirecciones de Investigación Básica de Procesos (SIBP)* y la de *Refinación Petroquímica (SRP)*. El *Área de Catálisis* quedó concentrada de manera integral en la *Subdirección de Transformación Industrial*.<sup>49</sup> La *Gerencia de Catálisis y Materiales* –cuyo nombre cambiaría eventualmente a *Gerencia de Catalizadores*, surgió de la fusión de la *Gerencia de Catálisis* –capacidad de investigación aplicada proveniente de la SRP, con la de *Catálisis y Materiales* –capacidad de investigación básica y diseño de materiales proveniente de la SIBP.<sup>50</sup>

Lo característico de esta nueva *Gerencia* es que organiza todas las capacidades sobre catálisis y catalizadores –investigación básica y aplicada; servicios de catalizadores; laboratorios y plantas piloto–, integrándolas como divisiones bajo un mando único y dentro de un solo componente de la estructura formal de organización. Esto nunca se había logrado con anterioridad.<sup>51</sup> La mayor parte de los investigadores dedicados a la investigación básica se concentraron en

---

<sup>48</sup> En efecto, el IMP diseña el catalizador. Luego, las empresas extranjeras asociadas lo escalan industrialmente. Posteriormente, fabrican el catalizador. Finalmente, lo entregan directamente a PEMEX Refinación.

<sup>49</sup> Ver Beltrán (1997); Manjarréz (2001); Maldonado y Domínguez (2003).

<sup>50</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 6; Diagrama 4.6.

<sup>51</sup> Ver Soria y Bermúdez (2003); Soria y Schifter (2003); Soria y Beltrán (2002e); Soria y Zárate (2001).

la *División de Nuevos Materiales* y algunos en la de *Especialidades Ambientales y Petroquímicas*.<sup>52</sup> Por su parte, los investigadores aplicados se distribuyeron en las de *Hidrotratamiento, Reformación y FCC*, así como la de *Especialidades*.<sup>53</sup> Asimismo, además de la *Investigación*, en esta nueva *Gerencia* se contemplaron nuevos elementos organizacionales. En primer lugar, destaca dentro de su estructura el *Servicio Técnico* el cual se gestó y desarrollo conforme se diversificaron las trayectorias tecnológicas de los catalizadores del IMP durante los ochenta. Segundo, esta *Gerencia* incluyó una unidad de *Comercialización*. Tercero, se integraron también los servicios internos de Laboratorios y las Plantas Piloto.<sup>54</sup>

Este proceso significó la fusión formal de los grupos de investigación básica y aplicada. Sin embargo, que tampoco estuvo exento de conflictos y rupturas entre los grupos de investigadores y gerentes.<sup>55</sup> El primer efecto de este proceso de reestructura, fue que algunos investigadores dedicados a la investigación básica migraron hacia otras áreas del IMP<sup>56</sup> o hacia otras instituciones en México.<sup>57</sup> El nombramiento del nuevo Gerente originó una competencia entre gerentes divisionales.<sup>58</sup> Esta nueva *Gerencia* era un puesto de poder importante ya que administraba una *Unidad de Negocio* novedosa y única en el IMP y en México. También, en este proceso se confrontaron dos diferentes formas de organizar la investigación y el desarrollo tecnológico para la innovación tecnológica de catalizadores. Esta nueva *Gerencia* adoptó una organización matricial con un enfoque orientado hacia el cliente y una metodología diseñada y supervisada en

---

<sup>52</sup> La excesiva presión ejercida sobre el investigador básico, formado en un esquema más creativo de la investigación, inhibiéndose su capacidad innovadora en aras de un enfoque rígido de cumplimiento puntual. Se limitaron las inversiones en infraestructura, nuevos equipos, etc., debido a que elevaban el costo de los proyectos.

<sup>53</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 6; Diagrama 4.6.

<sup>54</sup> Ver Beltrán (2001c, 2002c).

<sup>55</sup> Ver Soria y Schifter (2003); Soria y Beltrán (2002e); Soria y Zárate (2001).

<sup>56</sup> Ver Soria y Schifter (2003).

<sup>57</sup> Ver Soria y Schifter (2003).

<sup>58</sup> Ver Soria y Bermúdez (2003); Soria y Schifter (2003).

todas sus etapas por la *Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico* (GIDT) de PEMEX Refinación.<sup>59</sup> En esta fase se registró la mayor facturación histórica de la *Gerencia de Catalizadores*.<sup>60</sup> Durante esta fase, la principal fuente de financiamiento a los proyectos de investigación aplicada y desarrollo de catalizadores provenía de PEMEX Refinación.<sup>61</sup> Además, estaban los ingresos por concepto de los servicios tecnológicos derivados del consumo industrial en planta de un catalizador IMP, así como, las regalías sobre las ventas por el uso del diseño tecnológico del IMP en la manufactura del catalizador.

Sin embargo, hacia el final de esta fase -a partir de 1998- ocurrió un cambio cualitativo y cuantitativo de las políticas de PEMEX. Comenzaron a concretarse en la práctica las disposiciones derivadas de la Ley de Adquisiciones, es decir, licitaciones internacionales para los catalizadores. También, tuvo lugar un reemplazo natural de los funcionarios responsables de la GIDT, por lo cual, se redefinieron los alcances y las relaciones con esa dependencia de PEMEX. Una consecuencia de esto sobre el IMP y el *Área de Catálisis* fue la paulatina disminución del financiamiento a los proyectos de investigación y desarrollo. En efecto, desde el inicio del milenio, los proyectos de investigación del IMP son financiados con recursos propios y sin aportaciones de PEMEX. Los recursos provienen del Fideicomiso creado en el IMP en el marco de la legislación sobre

---

<sup>59</sup> Encabezada por el Ing. Oliverio Moreno L., quien había regresado a PEMEX a encabezar esa dependencia después de años en el IMP. El proceso tuvo supervisión y seguimiento de la GIDT aplicó un modelo rígido de costo/beneficio, bajo un esquema de penalización del financiamiento en función del cumplimiento mensual del avance del proyecto. Este esquema de organización basado en la investigación aplicada benefició a PEMEX Refinación, tanto desde la perspectiva técnica como económica. Las principales ventajas de este modelo fueron: i) Una definición clara de objetivos en función de los requerimientos del cliente. ii) La aplicación de metodologías de revisión y seguimiento del avance de los proyectos bajo un enfoque puntual derivado de un mecanismo de corrección a través de la revisión mensual del avance.

<sup>60</sup> Ver González (1997). En 1997 los catalizadores y servicios asociados aportaron ingresos por 55 millones al IMP. Hasta 1997, el Área de Catálisis contaba con una plantilla integrada por 111 personas, de las cuales 77 por ciento eran profesionistas (licenciatura 59 %; Maestría 28 %; Doctorado 13 %) y el restante 23 por ciento técnicos y administrativos. El 63 por ciento de los profesionistas son ingenieros químicos, el 30 por ciento son químicos, el 5 por ciento físicos y el 1 por ciento Ingenieros en computación y electrónica.

<sup>61</sup> Ver IMP (1998a, 1998b); CONACYT (2003).

ciencia y tecnología y el acuerdo que lo instituye como Centro Público de Investigación.<sup>62</sup> En adelante, los únicos ingresos directos de la *Gerencia de Catalizadores* del IMP provenientes de PEMEX Refinación serían los pagos del servicio de catalizadores y las regalías de catalizadores y productos químicos. Insuficientes, por cierto, para financiar la investigación. En lo inmediato, esta modificación en el mecanismo de financiamiento ha tenido efectos negativos sobre la investigación básica.

### ***B. Fase V: Innovación organizacional e innovación tecnológica de catalizadores, 2000-2003***

La nueva estructura de organización del IMP –tal como se ha visto en el capítulo anterior, constituye una innovación formal de la estructura organizacional sin precedentes en el IMP y en el sector de investigación y desarrollo tecnológico público de México. Dentro de este proceso la *Gerencia de Catalizadores* fue transformada en la *Competencia de Catalizadores*.<sup>63</sup> La nueva forma organizacional del IMP centra su actividad concreta en los *Proyectos de Solución* y estos están asociados a los de *Investigación*.<sup>64</sup> Los proyectos se alimentan de especialistas y funcionarios pertenecientes a las diferentes *Plataformas* de la organización: *Investigación, Solución, Competencias, Atención a Cliente*. Sin embargo, el impacto de esta nueva estructura sobre la organización del *Área de Catálisis* no ha sido –necesariamente- innovador. Veamos.

El efecto de instaurar en el IMP la más reciente estructura formal de organización, fue desintegrar administrativamente la *Gerencia de Catalizadores* como unidad de negocio. El cambio organizacional modificó sustancialmente la

---

<sup>62</sup> Ver Diario Oficial de la Federación (1999, 2000, 2002).

<sup>63</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglón 7; Diagrama 4.7.

relación formal entre los investigadores y los funcionarios con respecto al control sobre los diferentes elementos y recursos que componen a la *Competencia de Catalizadores*. El mando de los componentes, elementos y recursos que conforman el *Área de Catálisis* se distribuyó entre diferentes funcionarios de las distintas Plataformas en las que se organiza la actual estructura del IMP, quedando distribuidos en diferentes partes de la organización. Los *Proyectos de Investigación* fueron adscritos a alguno de los *Programas de Investigación* institucionales. Estos *Programas* están dirigidos por funcionarios en *Coordinaciones de Programa*, aunque, bajo el control del poder formal de la *Dirección Ejecutiva de Investigación y Posgrado*. A su vez, los investigadores del *Área de Catálisis*, en especial, sus habilidades intrínsecas y su actualización profesional quedaron al mando de la *Plataforma de Competencias*. Se creó la función de *Ejecutivo de Competencia* para administrar como capital humano estos recursos profesionales. Por su parte, las actividades de comercialización de catalizadores han sido adscritas dentro de la *Plataforma de Atención al Cliente*. Asimismo, los *Proyectos de Solución* del *Área de Catálisis* se encuentran bajo el control de la *Dirección Ejecutiva de Proceso y Medio Ambiente*, a través de la *Gerencia de Catalizadores* y de la *Gerencia de Servicios Tecnológicos*, respectivamente. En síntesis, la efectiva realización de un *Proyecto de Solución al Cliente* o uno de *Investigación*, requiere de una gran coordinación entre los funcionarios e investigadores de las *Plataformas*.

El cambio organizacional sólo modificó los elementos formales del proceso de producción de conocimiento. Pues, como veremos, predominó la organización de la investigación y desarrollo tecnológico acumulada a lo largo de los años.<sup>65</sup> El segmento de la investigación básica quedó conformado de dos grandes programas de investigación: *Ciencia de Materiales* y *Simulación Cuántica*. El segmento de la

---

<sup>64</sup> Ver IMP (2000).

investigación aplicada se conformó de las tres divisiones de *Síntesis de Catalizadores –HDS y RN; FCC; Petroquímica, Ambientales y Especiales*. Dos son las clases de *Servicios* de la *Competencia de Catalizadores: Aplicación Industrial de Catalizadores y Simulación de Procesos Catalíticos*. Finalmente, los servicios de apoyo a la investigación básica y aplicada son de cuatro tipos: *Evaluación de catalizadores nivel Microreacción; Evaluación de catalizadores nivel Planta Piloto; Caracterización de catalizadores; Laboratorio Central*.

En efecto, si se compara esta forma de organizar la estructura formal del *Área de Catálisis*, con la estructura de la fase anterior, se verá que en lo sustancial en ambas fases prevalece la organización de la investigación y desarrollo tecnológico basada en cuatro elementos:<sup>66</sup> 1) investigación básica; 2) investigación aplicada; 3) servicios tecnológicos de catalizadores; 4) servicios de apoyo a la investigación. Se recabó al respecto la opinión de los investigadores. Ellos afirman que continúan desempeñando su trabajo de la misma manera en que lo hacían antes de los cambios organizacionales.<sup>67</sup> A pesar de los poderosos cambios al nivel de la estructura formal de organización y los sistemas de control administrativo.<sup>68</sup> Es decir, han cambiando en lo formal, en cuanto a las formas y estructuras del control de su trabajo, pero su trabajo, en lo esencial no ha dejado de desempeñarse como antes se hacía.

---

<sup>65</sup> Ver Diagrama 4.7.

<sup>66</sup> Ver Cuadro 4.1, Renglones 6 y 7; Diagramas 4.6 y 4.7.

<sup>67</sup> Ver Soria y Cortéz (2003); Soria y Pérez (2003c); Soria y Guzmán (2003); Soria y Beltrán (2002e); Soria y Zárate, (2001).

<sup>68</sup> Una diferencia con los esquemas de organización anteriores es que mediante un nuevo sistema de control administrativo (SAP), cada investigador debe registrar sus actividades en línea de manera periódica. Con esto, es posible monitorear puntualmente la actividad de cada investigador.

## ***4.2 Capacidades y trayectorias tecnológicas de catalizadores en México***

El propósito de esta *segunda sección* es analizar las trayectorias tecnológicas de los catalizadores diseñados por el IMP a la luz de las capacidades tecnológicas desarrolladas. Dos partes la componen. La *primera* revela, tanto el patrón de solución tecnológico como la forma de organizar la innovación de catalizadores aprendidos por el IMP de las empresas extranjeras que operan en México con PEMEX. En especial, revela como el patrón de solución tecnológica de la refinación de combustibles mediante sistemas catalíticos y catalizadores industriales es aplicado en el sistema mexicano de refinación a través de una red de innovación que une al IMP con las empresas extranjeras y PEMEX. El *segundo* tiene el propósito de analizar las trayectorias tecnológicas registradas en patentes por el Área de Catálisis del IMP. Por una parte, se esclarece el comportamiento de las patentes sobre materiales, soportes, formulaciones y otros elementos catalíticos diseñados por los inventores de la investigación básica. Por la otra, se descifran las principales tendencias de las patentes de catalizadores generados por los inventores pertenecientes al área de la investigación aplicada.

### ***4.2.1 El aprendizaje tecnológico de los catalizadores: el patrón de solución para la industria en México***

En esta parte el objetivo central es elucidar el *patrón tecnológico de solución* aplicado en el diseño tecnológico de los catalizadores, como un fruto del largo proceso de aprendizaje tecnológico logrado por el IMP –en sus cuatro décadas de existencia. Este aprendizaje consiste en la capacidad para diseñar, manufacturar y comercializar catalizadores dentro de la industria mexicana de refinación de combustibles, en sociedad con empresas extranjeras. El texto se divide en tres

partes. La primera define el *paradigma tecnológico* y las *trayectorias tecnológicas* dentro de las cuales han evolucionado los catalizadores del IMP utilizados en los procesos catalíticos de refinación de combustibles en PEMEX. La segunda esclarece el *patrón tecnológico de solución* desarrollado por el IMP al diseñar tecnología de catalizadores para refinar combustibles en PEMEX Refinación. La tercera describe la red institucional dentro de la cual sucede la innovación tecnológica de catalizadores IMP dentro de PEMEX Refinación, en sociedad con empresas extranjeras que escalan tecnológicamente y fabrican industrialmente los catalizadores.

#### ***A. Evolución de la innovación tecnológica: procesos catalíticos de refinación de combustibles***

La finalidad de este subapartado es definir técnicamente en qué consiste el *Paradigma de la Catálisis* y cuáles son las *Trayectorias tecnológicas de los catalizadores*. La comprensión técnica de estos conceptos permite entender mejor el *proceso de aprendizaje tecnológico* desarrollado por el IMP en cuatro décadas.

Al descubrirse la “síntesis del amonía” –en Europa, al principio del siglo XX- se dio el impulso inicial a la industria de los *Catalizadores*. La tecnología de catalizadores para refinar petróleo se desarrolló – en los EUA, desde los años treinta– por descubrimientos mayores en *Catálisis de Hidrocarburos*, diseñados en laboratorios industriales y auxiliados por la investigación científica básica de carácter pionero en las principales universidades. La innovación de la tecnología industrial de catalizadores tuvo éxito cuando se combinaron –de una manera creativa–, la *ingeniería química catalítica* con la *ingeniería de procesos en reactor*.

Asimismo, en el desarrollo de mejores catalizadores industriales, la *intuición química* y la *experiencia* han jugado un papel tan crucial como la *ciencia*.<sup>69</sup>

El término *Catálisis* agrupa al conjunto de procedimientos y conocimientos que permiten que la velocidad con la que transcurre una reacción química se incremente *in situ*. Es una *rama de la cinética química* que estudia al mecanismo de la reacción química. Para la industria de la refinación, la *Catálisis* constituye el *Paradigma Tecnológico* a partir del cual se desarrollan los procesos de producción. Como disciplina científica proporciona los arquetipos básicos de conocimiento necesarios para construir y moldear catalizadores industriales.<sup>70</sup> Conforme el patrón genérico dentro del cual se llevan al cabo las reacciones físico químicas, es posible separar a la *Catálisis* en tanto *Paradigma Tecnológico*, en tres sistemas relativamente independientes:<sup>71</sup> i) Homogénea, ii) Heterogénea, y, iii) Enzimática.

La mayoría de los procesos catalíticos utilizados en la refinación industrial de combustibles a nivel mundial se desarrollan a partir del *paradigma de la catálisis heterogénea*. En ésta, se utilizan, fundamentalmente, *catalizadores sólidos*.<sup>72</sup> Estos sólidos pueden ser descritos física y químicamente en la forma de tres componentes o elementos: la fase activa, el soporte y el promotor.<sup>73</sup> La *fase activa* es la directamente responsable de la actividad catalítica.<sup>74</sup> Esta fase activa puede ser una sola fase química o un conjunto de ellas, sin embargo, se caracteriza porque ella sola puede llevar al cabo la reacción en las condiciones establecidas. El material de *soporte* es la matriz sobre la cual se deposita la fase activa y el que permite optimizar sus propiedades catalíticas.<sup>75</sup> Este soporte puede ser poroso y

---

<sup>69</sup> Ver Rabó (1994).

<sup>70</sup> Ver Cuadro 4.2.

<sup>71</sup> Ver Cuadro 4.2; Renglón 1.

<sup>72</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 2.

<sup>73</sup> Ver Díaz y Fuentes (1997).

<sup>74</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 2.1.1.

<sup>75</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 2.1.2.

debe presentar un área superficial significativa. Algunos de los soportes más utilizados son: alúminas, zeolitas, sílicas, sílice-alúminas, carbón. El *promotor* es aquella sustancia que incorporada a la fase activa o al soporte en pequeñas proporciones, permite mejorar las características específicas de un catalizador.<sup>76</sup>

La aplicación industrial de un catalizador heterogéneo requiere de la optimización de tres características de comportamiento esenciales. Éstas son la actividad, selectividad y estabilidad:<sup>77</sup>

- i) La *actividad* se define como la capacidad para lograr la conversión de una carga estándar de crudo del petróleo a condiciones de operación de referencia. Aquí, la economía de la innovación incremental consiste en aumentar o mejorar la actividad del catalizador para disminuir los costos de la energía necesaria para el reactor industrial.<sup>78</sup>
- ii) La *selectividad* se puede definir como la cantidad y calidad de producto constituido en función de la velocidad total de formación de productos. Un catalizador es más selectivo mientras da mayor cantidad y calidad del producto deseado.<sup>79</sup>
- iii) La *estabilidad* es la capacidad de mantener la actividad y selectividad a lo largo del tiempo de uso. Controlada por una tecnología de catalizadores específica, la estabilidad redundante en la consecuente regularidad productiva de la planta industrial.<sup>80</sup>
- iv) El fenómeno de la *desactivación* está íntimamente ligado a la estabilidad del catalizador. Cuando algunos catalizadores se

---

<sup>76</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 2.1.3.

<sup>77</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 3; Díaz y Fuentes (1997); Barnés (1997).

<sup>78</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 3.1.

<sup>79</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 3.2.

<sup>80</sup> Ver Cuadro 4.2, Renglón 3.3.

desactivan pueden ser *regenerados* para *recuperar* sus propiedades. Asimismo, en ciertos catalizadores desechados es posible recuperar metales valiosos y reutilizables.<sup>81</sup>

En síntesis, tecnológicamente, la *química catalítica heterogénea* es el *Paradigma* bajo el cual se da el cambio técnico en la industria energética con base en petróleo para refinar combustibles. Las diversas *Trayectorias tecnológicas* derivadas de este paradigma tecnológico se representan en los diferentes tipos de catalizadores para cada uno de los procesos de refinación.<sup>82</sup> Los catalizadores heterogéneos –Hidrodeshulfuración (HDS), Reformación nafta, Desintegración catalítica (FCC), Hidrodeshulfuración de residuales, etc.– aplicados en cada trayectoria tecnológica facilitan la transformación de hidrocarburos y guían las reacciones químicas con determinada actividad, selectividad y estabilidad, dentro de un gran rango de tareas de refinación a un bajo costo.<sup>83</sup>

### ***B. Patrón tecnológico de los catalizadores en la industria mexicana de refinación***

El objetivo de este subapartado es definir el patrón tecnológico de solución basado en catalizadores. Los elementos a considerar al definir el patrón tecnológico de innovación refieren a un conjunto de restricciones y problemas técnicos que enfrenta *PEMEX Refinación*.<sup>84</sup>

En el ambiente mundial actual, la industria de la refinación de petróleo se ve

---

<sup>81</sup> Ver Díaz y Fuentes (1997).

<sup>82</sup> Ver Diagrama 4.8; Cuadro 4.2, Renglón 4.

<sup>83</sup> Así, desde el punto de vista de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, el significado técnico y económico de los catalizadores descansa en los siguientes factores: a) Habilidad para producir combustibles de calidad con crudos diferentes; b) Flexibilidad para producir gama cambiante de combustibles para responder a cambios en la demanda; c) Alta selectividad catalítica para aumentar el valor agregado de los productos. La eficiencia catalítica en términos de actividad, selectividad, estabilidad y costos de operación de un catalizador son, entonces, la clave para una tecnología superior en este campo. Ver Rabó (1994).

<sup>84</sup> Ver Soria (2003).

afectada por diversos factores:<sup>85</sup> a) La creciente demanda de combustibles y otros productos refinados; b) Las regulaciones institucionales sobre medio ambiente y seguridad civil; c) El incremento de la rentabilidad; d) El tipo de mezcla de crudo alimentado al proceso de refinación; e) El cambio tecnológico. De los elementos anteriores se desprenden tres variables que se incorporan en la estrategia tecnológica del IMP:<sup>86</sup> i) Contribuir a satisfacer la demanda de combustibles, ii) Apoyar la protección ambiental, iii) Optimizar el uso de recursos petrolíferos.<sup>87</sup>

Los principales productos refinados por PEMEX Refinación son los siguientes combustibles:<sup>88</sup> Gasolina, diesel, turbosina, gasóleo, combustóleo, etc. Los productos más importantes por el tamaño de su mercado son la gasolina y el diesel. La mayor parte del crudo refinado en México se convierte en gasolina (más de la mitad) y la mayor parte de esta gasolina se obtiene por el proceso FCC (más de la mitad). Los procesos catalíticos de producción en la industria mexicana del petróleo delimitan las trayectorias tecnológicas de catalizadores desarrolladas por el IMP y/o empresas extranjeras. En PEMEX Refinación son cuatro las trayectorias más importantes por el tamaño de su mercado: i) Hidrodesintegración de residuales ii) FCC, iii) HDS, iv) Reformación de nafta.

Los elementos naturales, industriales, ambientales, económicos y tecnológicos a considerar al aplicar el *patrón tecnológico de solución* en el desarrollo de catalizadores para la industria mexicana de refinación de combustibles del petróleo, son los siguientes:<sup>89</sup>

---

<sup>85</sup> Ver IMP (1998b).

<sup>86</sup> Ver IMP (1998b, 2003).

<sup>87</sup> Esto en términos de los procesos, implica centrarse en: a) Gasolinas reformuladas, b) Diesel desulfurado, c) Procesamiento de residuales del fondo de barril, d) Reducción de emisiones contaminantes, e) Procesos innovativos alternos.

<sup>88</sup> Ver Diagrama 4.8.

<sup>89</sup> Ver Cuadro 4.3.

*a) Los crudos del petróleo: el caso de México*

No sólo la mayor parte de los crudos extraídos al nivel mundial tenderán a ser más “pesados”. También, las reservas mexicanas de crudo contienen petróleos “pesados” –el Crudo Maya.<sup>90</sup> “Pesado” significa que el petróleo contiene una mayor cantidad de contaminantes,<sup>91</sup> lo cual aumenta la dificultad técnica y el costo económico de su procesamiento.<sup>92</sup> En síntesis, el primer *problema técnico* a solucionar con la innovación tecnológica en catalizadores es la “limpieza” de los crudos, quitando los contaminantes. Para esta tarea se utilizan preferentemente los catalizadores de hidrodesulfuración.<sup>93</sup>

*b) Trayectorias tecnológicas y plantas industriales: el caso de PEMEX Refinación*

La transformación de petróleo en combustibles se realiza en plantas de PEMEX Refinación caracterizadas por instalaciones y tecnología maduras que operan casi todos los días del año con un margen de capacidad ociosa muy bajo – debido al constante aumento en la demanda de gasolinas en México.<sup>94</sup> El cambio en plantas y procesos de refinación se efectúa en el largo plazo y es sumamente costoso.<sup>95</sup> Esto constituye el segundo *problema técnico* a solucionar mediante catalizadores. Estos permiten -a un menor costo-, cumplir con la norma ambiental y mantener el nivel de la producción industrial sin cambiar las plantas y los procesos industriales.

---

<sup>90</sup> Ver IMP (1998a); Rojas (1998); PEMEX (2001).

<sup>91</sup> Principalmente: Azufre, Nitrógeno, Vanadio, Níquel, entre otros. Además, tendrán una menor presencia de hidrógeno. El petróleo “ligero” es el preferido en las refinerías actuales. Permite obtener un alto destilado con bajo nivel de azufre y nitrógeno y contiene más hidrógeno.

<sup>92</sup> Ver Rabó (1994). Esto se debe a que el destilado tendrá un mayor contenido asfáltico e inorgánico de destilados residuales. Esto, a su vez, implica aumentar el impacto negativo sobre el medio ambiente.

<sup>93</sup> Ver HDS en Diagrama 4.8.

<sup>94</sup> Ver PEMEX Refinación (2003).

<sup>95</sup> Aunque cabe mencionar que desde 1999 hasta 2003, PEMEX ha venido reconfigurando sus seis plantas de refinación. Sin embargo, estas reconfiguraciones han sido sumamente costosas en tiempo y economía. La reconfiguración de una refinería plantea siempre la licitación pública e internacional de contratos de catalizadores para los procesos reconfigurados.

*c) El medio ambiente: el cambio en las regulaciones institucionales en México*

En México, antes de la década de los setenta, no existían regulaciones institucionales de protección ambiental dirigidas a regular las emisiones contaminantes producto de la combustión de gasolina y diesel en vehículos y fuentes industriales.<sup>96</sup> Las primeras regulaciones ambientales estaban contenidas en la *Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental* (1971). Sin embargo, leyes ambientales para disminuir las emisiones contaminantes,<sup>97</sup> entraron en vigor hasta el final de los ochenta (1988). Normas más estrictas sobre la composición de gasolina se instituyeron sólo hasta mediados de los noventa (1994, 1996). En efecto, mientras en los EUA este tipo de regulaciones institucionales se endurecieron desde principios de los setenta, en México se concretaron hasta inicio de los noventa, con la entrada en vigor del TLCAN (1994).

La tecnología de catalizadores contribuye sustancialmente al cumplimiento – por parte de productores y consumidores de combustibles-, de las regulaciones ambientales cada vez más estrictas.<sup>98</sup> Las principales estrategias basadas en catalizadores giran en torno a la limpieza de los crudos del petróleo, el control de emisiones de la combustión; así como el uso y desecho de los catalizadores en las refinerías.<sup>99</sup> En síntesis, estas externalidades negativas –de carácter ambiental y social- son el tercer problema a resolver mediante la tecnología de catalizadores.

---

<sup>96</sup> Ver De Fuentes (2001); INE (1995).

<sup>97</sup> Ver González (1997).

<sup>98</sup> En México, desde el primer tercio del siglo XX, hasta finales de los ochenta se refinó gasolina con alto contenido de plomo –para elevar el octanaje. La composición química de estos combustibles estuvo sólo en función de las características técnicas del motor del automóvil y del desempeño y potencia demandados por el consumidor. Con la instauración paulatina de regulaciones institucionales sobre contaminantes descargados al medio ambiente, la composición química de la gasolina acabó por incluir también la demanda ambiental. Con esto se incrementó la demanda de gasolina reformulada.

<sup>99</sup> Ver Cuadro 4.4.

*d) Economía en la producción y consumo de combustibles*

La problemática final es la economía derivada de la innovación tecnológica de los catalizadores. Dos son los conjuntos de aspectos que deben ser logrados por el catalizador en términos económicos:

- i) *Costo de refinación y precio ofrecido.* Los catalizadores contribuyen a disminuir los costos y precios del procesamiento de petróleo en productos. Con esto elevan la eficiencia económica de las refinerías. En México el margen entre costo y precio es canalizado como impuesto especial (IEPS) hacia las arcas gubernamentales. Por lo tanto, es un precio controlado por mecanismos institucionales y no de mercado.
- ii) *Calidad mayor y ampliación de la oferta.* En función de las demandas del mercado y la protección del medio ambiente, los productos refinados necesitan tener cierta calidad y producirse en cantidad suficiente. Las demandas institucionales tienen la forma de normas ambientales sobre contaminantes permitidos en combustibles. La demanda de gasolina y diesel por los principales tipos de consumidores de combustibles (industriales, transporte, automóviles, etc.) en el mercado mexicano ha crecido sostenidamente en las últimas dos décadas.

*e) Innovación tecnológica y producción de conocimiento tecnológico*

Históricamente, la tecnología de los catalizadores se originó del conocimiento tácito.<sup>100</sup> Actualmente, ya es una tecnología de base científica que

---

<sup>100</sup> Los alquimistas fueron los primeros que experimentaron –de forma tácita– con los procesos catalíticos y los catalizadores. El mito de la piedra filosofal recuerda la búsqueda de una solución mágica para convertir plomo en

además, se está nutriendo de la innovación tecnológica reciente. Las nuevas tecnologías provenientes de otros paradigmas tecnológicos han comenzado a influenciar al proceso de investigación y desarrollo tecnológico de catalizadores en el IMP. Desde el punto de vista científico, el principal problema que se le plantea a la *investigación básica* sobre catálisis aplicada al desarrollo de catalizadores, es poder caracterizar con mayor exactitud el sitio catalítico sobre la superficie del material de soporte, así como la química de su mecanismo de reacción catalítica.<sup>101</sup> Entonces, una estrategia tecnológica importante en el largo plazo es investigar para desarrollar nuevos materiales catalíticos, centrando la atención en elucidar al nivel atómico y molecular los sitios y mecanismos de reacción catalíticos.<sup>102</sup>

Las nuevas tecnologías contribuyen a profundizar el proceso de la investigación científica y tecnológica. Las que han sido institucionalizadas por el IMP son las siguientes:

i) *Simulación molecular*: A través del uso de bases de datos, equipo y programas de computación sofisticados se pueden crear experimentalmente procesos y materiales catalíticos, así como, caracterizar catalizadores. Esta tecnología facilita la ejecución simulada de diversas fases de la cadena de investigación y desarrollo tecnológico de los catalizadores: a) concepción del catalizador; b) síntesis del catalizador; c) caracterización y modelación teórica; d) prueba catalítica práctica; e) mejora del catalizador. En este sentido, el IMP cuenta con un *Programa de Investigación* institucional denominado “Ingeniería Molecular”.

ii) *Química combinatoria*: Aplicada inicialmente en investigación y desarrollo tecnológico de farmacéuticos, se ha incorporado a la investigación y

---

oro. Un catalizador HDS a base de alúmina o uno de FCC a base de Zeolita transforman el petróleo crudo en diesel y gasolina.

<sup>101</sup> Se requiere una modelación teórica de mayor precisión basada en tecnología de información y cómputo.

desarrollo tecnológico de materiales catalíticos. Mediante la combinación de la tecnología robótica y la informática es posible desarrollar nuevos materiales catalíticos en un tiempo sensiblemente menor. Actualmente, un científico realiza de uno a tres experimentos a la semana. Mediante la química combinatoria es posible realizar hasta 50 experimentos en un solo día. El IMP cuenta con un Robot de Química Combinatoria en la Competencia de Catálisis. Este equipo es muy útil para la experimentación característica de la investigación básica.

iii) *Síntesis catalítica de bioderivados*: Originalmente aplicada en farmacéutica y química fina, amplió su espectro de conocimiento, orientándose hacia la investigación sobre catalizadores avanzados. Es una de las alternativas catalíticas al paradigma actual en la industria del petróleo. Los biocatalizadores y la catálisis homogénea se caracterizan por una síntesis catalítica en sitios de actividad uniforme. Es decir, la alta precisión de la catálisis enzimática es su mayor valor. Se caracteriza por sitios activos idénticos y moléculas catalíticas altamente estructuradas. La limitante es su fragilidad ante la temperatura y el ambiente de la reacción. Asimismo, al respecto, el IMP cuenta con un *Programa de Investigación Institucional* denominado “Biotecnología del Petróleo”.

En suma, el patrón tecnológico de solución se aplica al considerar en el desarrollo de tecnología de catalizadores, las distintas restricciones naturales, ambientales, industriales y económicas. Bajo estas restricciones, el catalizador transforma petróleo en combustibles, mediante un proceso catalítico –físico químico– con determinadas condiciones de actividad, selectividad y estabilidad.<sup>103</sup>

---

<sup>102</sup> Ver Rabó (1994).

<sup>103</sup> Ver Cuadro 4.5.

#### **4.2.2. Investigación básica y aplicada en las patentes de catalizadores y materiales catalíticos del IMP**

El propósito de esta segunda parte es analizar las trayectorias tecnológicas registradas en patentes por el *Área de Catálisis* del IMP. Las patentes son un indicador de los resultados del proceso de investigación y desarrollo tecnológico.<sup>104</sup> En este sentido, indican la culminación de procesos de *invención tecnológica*, derivados de aplicar el patrón tecnológico<sup>105</sup> basado en el paradigma de la química catalítica heterogénea, en cada trayectoria tecnológica.<sup>106</sup> En los casos en que la tecnología con patente se comercializa, indicarán también, procesos de *innovación tecnológica*.<sup>107</sup> En este apartado, las patentes del *Área de Catálisis* se ordenan según sean materiales catalíticos o catalizadores. Los primeros son producto de la investigación básica. Representan los diferentes elementos a partir de los cuales se construye un catalizador. Los segundos son fruto de la investigación aplicada. Refieren a como los materiales catalíticos son ensamblados – es decir, “sintetizados”– en el catalizador. Asimismo, el análisis de patentes incluye el de la cantidad de recursos inventivos registrados en las patentes y por tanto asignado a determinadas trayectorias tecnológicas.<sup>108</sup>

En este sentido, las patentes ilustran sobre una parte de las trayectorias y capacidades tecnológicas desarrolladas por el IMP en el *Área de Catálisis y Catalizadores*.<sup>109</sup> Se divide en tres subapartados. El primero analiza en conjunto las tendencias de las patentes sobre catalizadores y materiales catalíticos fruto de la

---

<sup>104</sup> Ver Freeman (1974); Griliches (1990).

<sup>105</sup> Las trayectorias de patentes registradas por una organización revelan las diferentes alternativas tecnológicas inventadas como posible solución a problemas técnicos de la industria.

<sup>106</sup> Ver Dosi (1982).

<sup>107</sup> Ver Basberg (1987); Aboites y Soria (1999); ver el caso de innovación de catalizadores FCC, HDS y Reformación de nafta en Capítulo 4, Sección 4.3.

<sup>108</sup> Una patente registra información de distintos tipos: tecnológica, jurídica, comercial, inventores, propietarios, etc.

<sup>109</sup> Basberg (1987); Griliches (1990); Aboites y Soria (1999).

investigación básica y aplicada del *Área de Catálisis*.<sup>110</sup> El segundo estudia las patentes de materiales, formulaciones y soportes catalíticos derivados de la investigación básica. El tercero aborda las patentes de catalizadores por trayectoria tecnológica resultado del trabajo de la investigación aplicada.

### ***A. Patentes del Área de Catálisis: Investigación básica y aplicada***

La evidencia contenida en las patentes de materiales catalíticos y catalizadores registradas por el IMP entre 1972 y 2000 indica que el número de inventores del *Área de Catálisis* asignados a la investigación tecnológica básica y aplicada, crecieron entre una etapa (1972-86) y otra (1987-2000), en más del doble –casi 112 por ciento.<sup>111</sup> Por el contrario, en el mismo periodo entre una fase y otra, las patentes fruto de la investigación tecnológica básica y aplicada registraron un aumento relativamente menor –sólo 40 del ciento, respecto del crecimiento del número de los inventores.<sup>112</sup> Entonces, creció más el número de inventores que de patentes. Esto a su vez, eleva el costo de la investigación tecnológica.

En particular, la evidencia indica un mayor crecimiento de los recursos inventos asignados a la investigación aplicada –los inventores aumentaron 162 por ciento, con lo cual, su porcentaje de participación se elevó de 18 a 46 por ciento.<sup>113</sup> Mientras, los recursos canalizados a la investigación básica también crecieron, aunque, sólo 50 por ciento, con lo cual, su porcentaje de participación sólo se elevó en menor proporción –del 15 a 22 por ciento<sup>114</sup>. Así, las diferencias al asignar recursos inventivos entre la investigación básica y aplicada se ha profundizado

---

<sup>110</sup> Ver IMP (1997).

<sup>111</sup> Ver Cuadro 4.6; Renglón 3.

<sup>112</sup> Ver Cuadro 4.7; Renglón 3.

<sup>113</sup> Ver Cuadro 4.6; Renglón 2.

<sup>114</sup> Ver Cuadro 4.6; Renglón 1.

entre un periodo y otro, con énfasis en la segunda.

Como resultado de esta asignación de los recursos portadores del conocimiento tácito,<sup>115</sup> las patentes asociadas a la investigación aplicada crecieron más –aumentaron 71 por ciento y su porcentaje de participación se elevó de 22 a 37 por ciento.<sup>116</sup> En cambio, las emanadas de la investigación básica aumentaron sólo un 6 por ciento y su porcentaje de participación se elevó de 20 a 22 por ciento.<sup>117</sup>

### ***B. Trayectorias tecnológicas de la investigación básica del Área de Catálisis***

La *investigación básica* juega un papel crucial en las trayectorias tecnológicas de catalizadores del IMP. Su naturaleza es buscar nuevos o mejorar los actuales elementos catalíticos, mediante la “síntesis” y el diseño de materiales, soportes y otros elementos o formulaciones catalíticos. Esto la distingue como un proceso incierto y costoso, aunque en el largo plazo estratégico.<sup>118</sup> Para su análisis, las patentes generadas por la investigación básica, entre las dos etapas del periodo – 1972-1986 y 1987-2000–, se agrupan en tres tipos de trayectoria: principales, abandonadas y nuevas.<sup>119</sup>

Las dos principales trayectorias tecnológicas –*Zeolitas* y *Alúminas*– representan los materiales de soporte catalítico de uso más generalizado al nivel mundial para fabricar catalizadores (FCC, HDS, RN, etc.). Las *zeolitas* son el material de soporte para el catalizador FCC) el de mayor penetración de mercado del IMP. El crecimiento de las patentes solicitadas cayó –más de 12 por ciento y su proporción del total pasó de 12 a 10 por ciento. Sin embargo, los recursos

---

<sup>115</sup> Ver Polanyi (1962).

<sup>116</sup> Ver Cuadro 4.7; Renglón 2.

<sup>117</sup> Ver Cuadro 4.7; Renglón 1.

<sup>118</sup> Ver Rabó (1994).

<sup>119</sup> Ver Cuadro 4.8.

inventivos asignados aumentaron significativamente –en 90 por ciento y creciendo el promedio de inventores por patente de 2.3 a 4.3.<sup>120</sup> Las *alúminas* son el material de soporte del catalizador HDS; segundo en importancia de mercado para el IMP. Las patentes cayeron –en un 20 por ciento al disminuir su participación de 7 a 6 por ciento. Sin embargo, los recursos inventivos asignados aumentaron de forma muy importante –en un 250 por ciento, creciendo el promedio de 1 a 3.5 inventores por patente.<sup>121</sup> Entre ambas trayectorias dan cuenta de la tercera parte de todas las patentes de investigación básica del *Área de Catálisis*. Esto demuestra su importancia en la estrategia general de investigación de catalizadores del IMP. Sin embargo, en la actualidad, el registro de solicitudes ha disminuido sensiblemente. Puede ser síntoma de la debilidad en la relación entre la investigación básica y aplicada del Área de Catálisis del IMP. En suma, las patentes de las principales trayectorias de la investigación básica muestra una significativa declinación en la productividad inventiva. En efecto, mientras las patentes decrecieron –en un 5 por ciento, disminuyendo su participación de 28 a 26.5 por ciento; el número de inventores asignados aumentaron –en 110 por ciento, pasando de 1.9 a 4 los inventores promedio por patente.<sup>122</sup> En la medida en que se asignan más inventores, pero se obtienen menos patentes de mejora o creación de materiales y soportes catalíticos, particularmente las Zeolitas y Alúminas, se elevan el costo y la incertidumbre de la investigación básica.

Las trayectorias abandonadas y nuevas expresan la estrategia de búsqueda de innovaciones. Debido a lo incierto de los resultados de la investigación básica, no es posible saber cuales trayectorias nuevas se ligarán con las aplicadas y hasta que punto las abandonadas implican una pérdida real de recursos, si pueden recuperarse

---

<sup>120</sup> Ver Cuadro 4.8, Renglón 1; Cuadro 4.3 Anexo.

<sup>121</sup> Ver Cuadro 4.8, Renglón 2; Cuadro 4.3 Anexo.

<sup>122</sup> Ver Cuadro 4.3 anexo.

como conocimiento explícito. En efecto, ciertas trayectorias ya no fueron de interés ni continuaron investigándose, entre una etapa y otra –el 21 por ciento del total de estas patentes, cada una generada en promedio por 3.2 inventores.<sup>123</sup> Las trayectorias nuevas entre un periodo y otro representan posibles trayectorias a desarrollar mediante la investigación básica –fueron el 25 por ciento del total y en promedio cada una fue generada por tres inventores.<sup>124</sup> En síntesis, fueron más las trayectorias nuevas incorporadas que las abandonadas. En general, la tendencia predominante indica un ligero crecimiento las patentes totales –de 4 por ciento,<sup>125</sup> frente a un importante aumento de los recursos inventivos totales –del 41 por ciento.<sup>126</sup> Es decir, la capacidad del IMP para incrementar las invenciones que podrían constituir las mejoras de los catalizadores se ha debilitado a pesar del aumento en los recursos inventivos.

### *C. Trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada del Área de Catálisis*

La *investigación aplicada*, tiene por objeto integrar o “sintetizar” los elementos diseñados por la investigación básica –materiales, soportes, formulaciones catalíticas- hasta ensamblarlos y transformarlos en catalizadores comerciables. El marco de soluciones técnicas que posibilita el paradigma tecnológico de la catálisis heterogénea en los procesos de refinación de combustibles se expresa en diferentes trayectorias tecnológicas sobre catálisis en el IMP. Nueve son las principales trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada en catálisis del IMP señaladas por las patentes asociadas a la investigación aplicada en el *Área de Catálisis*.<sup>127</sup>

---

<sup>123</sup> Ver Cuadro 4.8; Renglón 8; Cuadro 4.3 Anexo.

<sup>124</sup> Ver Cuadro 4.8; Renglón 9; Cuadro 4.3 Anexo.

<sup>125</sup> Ver Cuadro 4.8; Renglón 10; Cuadro 4.3 Anexo.

<sup>126</sup> Ver Cuadro 4.3 Anexo.

<sup>127</sup> Ver Cuadro 4.9.

La participación de cada trayectoria en el total -entre una etapa y otra del periodo, tanto en términos de las patentes generadas como de los recursos inventivos asignados, muestran lo siguiente.

*Hidrotratamiento:* Registra la porción mayor de las patentes (31 por ciento) y un alto promedio de inventores por patente -casi cuatro.<sup>128</sup> Las patentes aumentaron, de un periodo al otro en 23 por ciento pues el porcentaje pasó de 14 a 17 por ciento. Los inventores promedio por patente crecieron casi 96 por ciento pues aumentaron de 2.5 a 4.8. En suma, la relación entre inventores asignados y patentes generadas muestra rendimientos poco favorables. Casi se duplicaron los recursos humanos por patente y sólo aumentó en una cuarta parte el número de patentes. Se compone principalmente de catalizadores de hidrosulfuración de nafta, destilados intermedios y profunda de diesel. Incluye hidrosulfuración de residuales pesados del petróleo.

*Reformación de nafta:* En términos del total de patentes registra casi el 17 por ciento con un promedio de poco más de 4 inventores por patente.<sup>129</sup> El crecimiento de las patentes de un periodo al otro, fue de 67 por ciento ya que el porcentaje pasó de 6 a 11 por ciento. Los inventores promedio por patente crecieron 47 por ciento -al aumentar de 3.3 a 4.9. La relación entre inventores asignados y patentes generadas muestra rendimientos crecientes: aumentaron por debajo de la mitad los recursos humanos por patente y creció en más de la mitad el número de patentes. Se compone principalmente de catalizadores de reformación de nafta semiregenerativos y CCR.

*Desintegración catalítica (FCC):* Se compone principalmente de catalizadores FCC e incrementadores de octano FCC.<sup>130</sup> En términos del total de

---

<sup>128</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 1; Cuadro 4.4 anexo.

<sup>129</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 2; Cuadro 4.4 anexo.

<sup>130</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 3; Cuadro 4.4 anexo.

patentes registra casi el 11 por ciento con un promedio de casi 4 inventores por patente. El crecimiento de las patentes, de un periodo al otro, fue de un 800 por ciento (el porcentaje pasó de 1 a 10 por ciento). Los inventores promedio por patente crecieron casi 30 por ciento (aumentaron de 3 a 3.9). Así, la relación entre inventores asignados y patentes generadas muestra rendimientos significativamente crecientes: los inventores por patente aumentaron en un tercio, mientras el número de patentes se multiplicó en ocho veces.

*Isomerización:* Es una trayectoria tecnológica novedosa en el Área de Catálisis del IMP.<sup>131</sup> Da cuenta de casi el 10 por ciento de las patentes, cada una generada en promedio por casi cuatro inventores.

*Recuperación de azufre:* Esta trayectoria ha ido perdiendo importancia en la estrategia tecnológica del IMP.<sup>132</sup> Participa con casi el 10 por ciento de las patentes, cada una generada en promedio por cuatro inventores. Muestra rendimientos decrecientes debido a que sus patentes disminuyeron en un 20 por ciento (su participación descendió de 5 a 4 por ciento), mientras los inventores asignados crecieron 96 por ciento (aumentaron de 2.8 a 5.5).

*Medio ambiente:* Es una trayectoria tecnológica estratégica en la industria del petróleo contemporánea.<sup>133</sup> Participa con casi el 10 por ciento de las patentes, cada una generada en promedio por poco más de tres inventores. Registra rendimientos significativamente crecientes. Las patentes crecieron en un 700 por ciento (su participación aumentó de 1 a 8 por ciento), mientras los inventores asignados crecieron sólo 8 por ciento (aumentaron de 3.0 a 3.3).

*Polimerización:* Esta trayectoria también ha ido perdiendo importancia en la

---

<sup>131</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 4; Cuadro 4.4 anexo.

<sup>132</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 5; Cuadro 4.4 anexo.

<sup>133</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 6; Cuadro 4.4 anexo.

estrategia tecnológica del IMP.<sup>134</sup> Participa con casi el 6 por ciento de las patentes, cada una generada en promedio por casi cuatro inventores. Muestra rendimientos decrecientes debido a que sus patentes disminuyeron en un 50 por ciento (su participación descendió de 4 a 2 por ciento), mientras los inventores asignados crecieron 83 por ciento (aumentaron de 3 a 5.5).

*Recuperación y Regeneración:* Asimismo, esta trayectoria también ha ido perdiendo importancia en la estrategia tecnológica del IMP.<sup>135</sup> Participa con poco más del 5 por ciento de las patentes, cada una generada en promedio por tres y medio inventores. Muestra rendimientos decrecientes debido a que sus patentes disminuyeron en un 3 por ciento (su participación descendió de 3 a 2 por ciento), mientras los inventores asignados crecieron 33 por ciento (aumentaron de 3 a 4).

*Aceites lubricantes:* Esta trayectoria ha desaparecido en el registro de patentes.<sup>136</sup> Participó con poco más del 2 por ciento de las patentes, cada una generada en promedio por tres y medio inventores.

#### ***4.2.3 Procesos de investigación básica y aplicada en el Área de Catálisis***

En síntesis, del apartado anterior se sabe ya que las patentes de la investigación aplicada crecieron muy por encima de las patentes de la investigación básica. Además, estuvieron por encima en cuanto al crecimiento de los recursos inventivos –quienes las generaron. La finalidad de este apartado es ejemplificar mediante dos casos específicos como los procesos de investigación básica se asocian con procesos sociales de invención y como la investigación aplicada se asocia con la red de innovación tecnológica de catalizadores en México. El primer

---

<sup>134</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 7; Cuadro 4.4 anexo.

<sup>135</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 8; Cuadro 4.4 anexo.

<sup>136</sup> Ver Cuadro 4.9; Renglón 9; Cuadro 4.4 anexo.

caso se expresa en el proceso de solicitud de patente por parte de un investigador dedicado a la investigación básica. El segundo representa el aprendizaje del proceso de innovación tecnológica en tanto relación institucional, política, tecnológica, industrial y comercial con PEMEX y las empresas extranjeras –que se conjugan en un solo proceso en la realidad.

#### ***A. La solicitud de una patente: un caso en la investigación básica***

Aquí se relata un caso exitoso de la investigación y desarrollo tecnológico de un material catalítico para catalizadores. Tiene por objeto mostrar como la tecnología, si bien necesariamente se genera con base en conocimiento acumulado, también se desarrolla en el curso de las ciertas negociaciones y políticas que aplican los actores organizacionales en sus relaciones sociales inherentes al proceso de investigación y desarrollo. Este relato narra el caso de un material catalítico que ya ha sido generado por estudiosos en el extranjero –los japoneses en especial. Sin embargo, la novedad del material desarrollado por el *Área de Catálisis* consiste en que se obtiene mediante un proceso menos extenso que la propuesta japonesa. No es por tanto un nuevo material, sino un nuevo proceso para obtener un material cuyas características podrían ser aplicadas al crudo de petróleo mexicano. En esto estriba el propósito de este proyecto de investigación básica, orientada finalmente a contribuir en diseñar un material de soporte para un catalizador.

Con relación a las patentes del *Área de Catálisis* del IMP, este material se considera fruto de la investigación básica. La solicitud de patente se encuentra todavía en la etapa administrativa interna de la organización. Sin embargo, ya actúa como indicador de un resultado innovador del proceso de investigación y desarrollo

---

tecnológico. Con la patente se pretende proteger y difundir el “proceso para obtener”<sup>137</sup> este material, que actúa como base para procesos catalíticos.<sup>138</sup> Es decir, servirá de base al ser retomado por la investigación aplicada para desarrollar una aplicación tecnológica concreta en algún proceso catalítico en refinería. Está orientado a formar parte de un catalizador para transformar crudos mexicanos, que son especialmente pesados.<sup>139</sup>

El trabajo de investigación como tal ha estado a cargo de un solo investigador: el Dr. E. Reyes H. Hace unos meses completó los últimos experimentos y pruebas en torno a este material cuyo *proceso de obtención* es lo novedoso.<sup>140</sup> Sobre este tipo de material ya había trabajado durante los noventa otro investigador –el Dr. O. Martínez B.– quien abandonó esta trayectoria de investigación. Hacia principios de la presente década transfirió el tema de investigación detalladamente en la forma de conocimiento explícito al Dr. Reyes. Sin embargo, lo más valioso ha sido la transferencia de su conocimiento tácito mediante charlas, asesorías y consultas sobre los resultados de los experimentos, pruebas y evaluación del material a lo largo del proceso de investigación del Dr. Reyes. Así, por su contribución con conocimiento valioso al proceso de investigación y desarrollo del material el Dr. O. Martínez B. ha sido invitado a la solicitud de patente como inventor por parte del Dr. Reyes.

Sin embargo, la investigación y desarrollo de materiales implica a su vez otros materiales como insumos, en este caso, reactivos, materia prima, literatura especializada, etc. Si bien estos los proporciona la organización, lo hace a través

---

<sup>137</sup> Este material también ha sido desarrollado por investigadores japoneses. La innovación incremental con respecto al de los japoneses es que el material MP-Oso se obtiene mediante un proceso mejorado. En efecto, en la parte crítica de obtención del material, los japoneses usan dos fases. Mientras, el MP-Oso se obtiene en una sola fase.

<sup>138</sup> Comúnmente, son los procesos para obtener un material conocido con determinadas características lo que se solicita como patente. Es decir, los materiales como tales difícilmente se patentan. Los Nuevos materiales son escasos, por tanto sus patentes muy valiosas.

<sup>139</sup> Ver Cuadro 4.10. Se sintetizan los principales elementos analíticos del caso de este material catalítico.

<sup>140</sup> Este es un caso concreto de “saber hacer”.

del control ejercido por el funcionario responsable del proyecto de investigación. En efecto, como la investigación necesita determinadas condiciones materiales y de laboratorio que deben ser gestionadas, en este caso el Dr. Reyes ha considerado invitar como inventor a la solicitud de patente a su jefe inmediato –el Dr. R. Miranda T.<sup>141</sup> Esto bajo el razonamiento de que sin su apoyo en la efectiva realización de ciertas condiciones materiales y de laboratorio, no se habría desarrollado el material catalítico.

Un ejemplo de estas condiciones materiales para investigar fue el uso del “Robot de Química Combinatoria”. Este equipo le permitió al Dr. Reyes realizar con gran rapidez y precisión los experimentos para encontrar determinadas combinaciones de materiales catalíticos con características muy específicas. El Dr. Reyes tuvo acceso a este equipo sin restricciones, salvo las de tipo técnico como mantenimiento y asistencia técnica por el proveedor del equipo. Además, su jefe el Dr. Miranda, estuvo al tanto de los resultados, ya que el es uno de los pocos calificados en el IMP para procesar e interpretar la información vertida a la computadora por la maquinaria de experimentación del Robot. Esto lo facilitó en el marco de sus obligaciones como su jefe inmediato y con ello contribuyó al resultado final.

Ahora bien, el desarrollo del Material catalítico tuvo como insumo ciertos servicios adicionales, así como la evaluación de otros experimentos y los resultados obtenidos en otro laboratorio. Sin embargo, el Dr. Reyes tiene una relación personal un tanto distante con la persona responsable de ese laboratorio, pero requería de una serie de servicios. Esto podría haber afectado el curso de este proceso de investigación. Sin embargo, para fortuna del Dr. Reyes su compañero de trabajo -el Dr. R. Molina S.- tiene una buena relación con el responsable del

---

<sup>141</sup> Al cargo de un Proyecto de Investigación con varias líneas de estudio y gran cantidad de investigadores, dentro

laboratorio. Así, el apoyo del Dr. Molina permitió al Dr. Reyes avanzar sin mayores contratiempos en ese laboratorio durante su proceso de investigación iniciado hace un año y medio. Por la gestión realizada con la persona responsable del laboratorio, el Dr. Reyes no consideró necesario que se le extendiera una invitación al Dr. Molina como inventor a la solicitud de patente del Material catalítico. Sin embargo, esta gestión bien valió semanas o meses de eventual retraso de la investigación.

Así, la evidencia muestra como no necesariamente todos los que intervienen como inventores realizaron realmente esa función. Esto interpretado, significa que existen factores no tecnológicos necesarios para consumir una invención. En este caso, la gestión de las condiciones materiales y de laboratorio necesarias para la investigación. Lo que formalmente tendría que suceder sin contratiempos –los servicios de los laboratorios o los reactivos necesarios-, porque así se encuentra institucionalizado y organizado, no opera en la realidad bajo dicha racionalidad.

### ***B. La investigación aplicada en la innovación de Catalizadores de Hidrodesulfuración***

El objetivo de esta sección es narrar y analizar a la luz de acontecimientos actuales, el caso concreto de la organización de la innovación tecnológica de *Catalizadores* para el proceso de *Hidrodesulfuración* diseñados y desarrollados por el IMP según la *Modalidad por Vía Externa* en el marco del *Modo Uno* de producción de conocimiento. Este proceso se compone de tres fases:<sup>142</sup> Diseño tecnológico al nivel laboratorio y planta piloto; Escalamiento industrial con un socio tecnológico, y Comercialización en PEMEX Refinación.

---

del Programa de Investigación sobre Ingeniería Molecular del IMP.

a) *Primera Fase: Diseño tecnológico al nivel laboratorio y planta piloto*

La primera fase se caracteriza por producir el diseño de una tecnología para preparar el catalizador. Es precisamente un proceso –no un producto, lo cual se registra como patente. Sucede hacia el final de esta fase, que es propiamente, el momento de consumación de la invención tecnológica del catalizador.<sup>143</sup>

Comienza por definir la necesidad tecnológica de PEMEX Refinación. Consiste principalmente en actividades de investigación aplicada dirigidas a diseñar la forma de sintetizar los componentes en un catalizador, que son: el material de soporte y el catalizador mediante un proceso de impregnación. Transcurre en las instalaciones del IMP, pues implica caracterizar y evaluar a nivel laboratorio y planta piloto los catalizadores diseñados. Los materiales catalíticos y los soportes se compran a empresas extranjeras proveedoras, preferentemente, al posible *Socio tecnológico*. Es decir, es esta relación externa la cual, precisamente, define y caracteriza la modalidad por vía externa. En cambio, la modalidad por vía interna se caracteriza por la búsqueda de una solución propia, investigando como rediseñar o superar los diseños de los materiales catalíticos comerciales para catalizadores.

Esta *primera fase* consta de *tres etapas*.<sup>144</sup> En la *primera etapa* se identifica la necesidad tecnológica de PEMEX y se definen posibles rutas de soluciones y programas experimentales. En el proceso de identificar la necesidad tecnológica de PEMEX Refinación se ha visto que el vínculo con la GIDT de PEMEX Refinación –entre 1989 y 1998, fue muy estrecho y crucial para expansión de catalizadores bajo diseño tecnológico del IMP. En este sentido, el cuidado de la relación proveedor usuario es fundamental. Tanto para definir y seleccionar los *proyectos de*

---

<sup>142</sup> Ver Cuadro 4.11.

<sup>143</sup> Ver Cuadro 4.11a.

<sup>144</sup> Ver Cuadro 4.11a.

*investigación relevantes* en función de lo especificado por la *Subdirección de Producción* de PEMEX, como por el financiamiento otorgado al IMP para desarrollar determinados catalizadores a través de la GIDT.

Sin embargo, el financiamiento para los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico de catalizadores en el IMP se interrumpió hacia el final de la década pasada (1999). Actualmente, la política de compra de catalizadores de la *Subdirección de Producción* de PEMEX es la de licitar al nivel mundial las plantas de refinación que van siendo reconfiguradas. Asimismo, la GIDT fue eliminada de la estructura organizacional de PEMEX Refinación al inicio del milenio (2001), con lo cual, desapareció el componente organizacional cuya función era operar la política tecnológica de PEMEX Refinación en relación al IMP.

En esta primera etapa de la invención tecnológica, se investiga sobre la tecnología disponible en el mercado para satisfacer esa necesidad. A partir de seleccionar ciertos elementos se definen los parámetros clave para la producción de dicha tecnología. Esta primera etapa concluye con la definición de los primeros programas experimentales. Con la adquisición del equipo de química combinatoria en el *Área de Catálisis*, esta etapa puede acelerarse, ya que podrían realizarse una mayor cantidad de experimentos sobre los diferentes tipos de materiales catalíticos en menor tiempo y con una mayor precisión en el registro de los resultados de cada uno de esos experimentos. Sin embargo, estos experimentos deberán seleccionarse con el mayor cuidado posible. Si bien al nivel individual cada experimento es mucho menos costoso, la necesidad de buscar soluciones tecnológicas implica aumentar el volumen de los experimentos, con lo cual el costo de operación de este sofisticado equipo se incrementa de forma importante.

Además, desde este punto inicial, será necesario negociar el uso del equipo, plantas y materiales con los funcionarios responsables. Como hemos visto (supra),

los funcionarios despliegan ciertas políticas en torno a los recursos bajo su resguardo, con lo cual, no siempre todos los investigadores tienen las mismas prerrogativas en el uso de equipos y materiales. Por ello, para los inventores de los materiales catalíticos y catalizadores, siempre es necesario negociar con los funcionarios los tiempos y los montos de inversión en equipo y material para conducir sus experimentos. Asimismo, no es poca la documentación de proyectos y los trámites administrativos que el investigador mismo debe realizar para que estas condiciones materiales se registren y formalicen como proyectos relevantes de la organización.

En la *segunda etapa* se diseñan los diferentes componentes de un "catalizador" hasta desarrollar la tecnología para prepararlo. Primero, se diseña la matriz o soporte catalítico, luego se diseña el catalizador. Sin embargo, la síntesis como tal implica diseñar la solución impregnante que lo contiene, así como la tecnología para impregnarlo. Con la síntesis de estos elementos se produce la tecnología de preparación del catalizador al nivel experimental.

En la *tercera etapa* se preparan y ponen en marcha las pruebas al nivel laboratorio y planta piloto. Hasta obtener una tecnología de preparación previa a su escala industrial. Contempla las siguientes actividades: Una vez preparado el catalizador se le aplica un tratamiento térmico (secado y calcinado) y se realiza la caracterización de sus propiedades (físicas y químicas). Luego, se somete a una primera evaluación al nivel de laboratorio en plantas de micro reacción. La evaluación consiste en medir *actividad*, *selectividad* y *estabilidad* del catalizador. Una vez con los resultados de la prueba, se seleccionan los prototipos que mejor se comportaron. Estos prototipos, a su vez, luego son evaluados en una planta piloto, también en términos de *actividad*, *selectividad* y *estabilidad*. La selección de los prototipos a evaluar debe ser muy precisa, ya que el costo de operación de las

plantas piloto es uno de los componentes de la inversión que mayores recursos reclama.

Finalmente, concluidas estas pruebas a mayor escala que las anteriores, de nuevo se seleccionan los mejores prototipos considerando también su evaluación sobre contaminantes. Así, se obtiene como resultado la tecnología de preparación del catalizador al nivel de laboratorio y planta piloto. Al finalizar esta fase, la solicitud de la patente de esta tecnología estará registrada ante el IMPI de México y en ciertos casos también ante la USPTO en los EUA.

#### *b) Segunda Fase: Escalamiento Industrial*

La *segunda fase* tiene como objeto escalar el prototipo resultado de la evaluación al nivel de piloto del IMP a un prototipo industrial.<sup>145</sup> Por lo mismo, y ante la ausencia de capacidades de manufactura de catalizadores en México, en esta fase interviene de nuevo el *Socio Tecnológico*. Es un proceso de interacción tecnológica e industrial que transcurre en las instalaciones de ambas organizaciones. Se compone de cuatro etapas.<sup>146</sup>

La *primera* tiene por objeto caracterizar analíticamente los prototipos del sistema industrial de producción versus el prototipo de catalizador IMP a nivel laboratorio. Es una especie de “benchmarking” tecnológico que permite determinar la competitividad tecnológica del diseño a micro escala del IMP. La *segunda* tiene como propósito desarrollar el programa de escalamiento industrial, conjuntamente, el IMP y su *Socio Tecnológico*. A pesar de que se firman contratos de confidencialidad en el marco de la *Ley de Propiedad Industrial* entre ambas organizaciones desde el final de la fase anterior, siempre surgen derrames de conocimiento tecnológico y conflictos en torno al uso y aplicación del secreto

---

<sup>145</sup> Ver Cuadro 4.11.

tecnológico y comercial. La *tercera* tiene por objetivo definir la metodología industrial de producción del catalizador considerando prototipos del IMP y del *Socio Tecnológico*. Es decir, en esta etapa corren paralelos las pruebas en plantas de ambos, de tal manera que se va comparando el desempeño del mismo diseño catalítico en plantas piloto de cada organización. Al final se seleccionan los diseños de mejor desempeño. La *cuarta* etapa tiene por objeto desarrollar el plan de escalamiento industrial hasta seleccionar al prototipo industrial que será sometido a prueba en PEMEX Refinación.

Cabe señalar que la relación con las empresas extranjeras es muy peculiar. Por una parte –en el marco institucional anterior, éstas buscaron incursionar de una u otra manera en el mercado mexicano. Con ello se dio la asociación tecnológica con el IMP. Sin embargo, por otra parte, mantienen el control de la relación tecnológica limitando de sobremanera el aprendizaje de los secretos del escalamiento industrial de los catalizadores a los investigadores del IMP que asisten a las instalaciones en el extranjero a “supervisar” la manufactura del catalizador según el diseño del IMP. Esta particularidad exige también de la negociación entre los agentes de la innovación, para que los diferentes intereses y políticas no se conviertan en obstáculo para innovar.

### *c) Tercera Fase: Comercialización*

La *tercera fase* inicia con la *prueba industrial*, contempla el *consumo industrial* y los *servicios tecnológicos* en planta, y finaliza con la *reposición* del catalizador por uno nuevo. Se compone de tres etapas.<sup>147</sup>

En la *primera etapa* se presenta a PEMEX Refinación la nueva tecnología y se le solicita la oportunidad para evaluar en planta industrial el desempeño técnico

---

<sup>146</sup> Ver Cuadro 4.11b.

y económico del catalizador.<sup>148</sup> Así, el primer lote comercial prototipo a escala industrial del nuevo catalizador es fabricado por el Socio Tecnológico a partir del prototipo en planta piloto diseñado por el IMP. La prueba y el uso industrial del catalizador transcurren en las instalaciones de PEMEX Refinación –en una planta industrial específica (de HDS o una de FCC o la Reformadora, etc.). Tienen una duración de semanas o meses y proporcionan los primeros registros del desempeño del catalizador inventado, en una planta real.<sup>149</sup> Esto revela que la evaluación del catalizador diseñado por el IMP es absolutamente crucial.<sup>150</sup> Los catalizadores que lograron expandir la participación del IMP en el mercado de PEMEX Refinación entre los finales de los ochenta y los noventa<sup>151</sup>, implicaron las respectivas pruebas industriales. Estas fueron *negociadas* entre los tres agentes de la innovación en su momento: los gerentes del IMP, los gerentes de PEMEX Refinación y los funcionarios de las empresas extranjeras.

En efecto, siempre es obligado negociar con PEMEX para poder usar una planta industrial en probar el catalizador. Antes que desapareciera del actual organigrama, esta negociación era mediada y/o conducida por la *Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico* de PEMEX Refinación. La política de la *Subdirección de Producción* de PEMEX Refinación gira en torno al máximo uso posible de la capacidad instalada en las seis refinerías. La presión de la demanda en

---

<sup>147</sup> Ver Cuadro 4.11.

<sup>148</sup> Ver Cuadro 4.11c.

<sup>149</sup> Estos datos primordiales son fuente para dirigir y emprender mejoras al catalizador –por ejemplo, el DSD-14 y el DSD-14+, el DSD-17 y el DSD-17+ o el DSD-3 y el DSD-3+.

<sup>150</sup> Por ejemplo, ya existe un catalizador para el proceso de hidrogenación residuales –que representa el 50 por ciento del mercado mexicano, desarrollado por el IMP. De hecho, se encuentra desde hace dos años en la antesala de la prueba industrial. Sin embargo, por razones desconocidas PEMEX a detenido la prueba, con lo cual, todo el proceso de investigación y desarrollo tecnológico financiado por esta misma empresa se ha truncado.

<sup>151</sup> En efecto, si falla el catalizador, tanto la innovación como la invención sobre la cual descansa la primera, se truncan. De hecho, entre los cientos de invenciones de catalizadores no todas llegan hasta el punto de la prueba industrial. Sólo unas cuantas decenas de invenciones representan innovaciones de catalizadores en PEMEX Refinación. Inclusive, entre todos los que sí se lograron comercializar, existen también diferencias importantes. En efecto, las invenciones de catalizadores del IMP realmente exitosas al nivel de innovación industrial en PEMEX Refinación se cuentan dentro de la decena (ver Capítulo 3.2.3).

el mercado de combustibles del petróleo –gasolina, diesel, etc., creció y se ha sostenida durante las últimas dos décadas –excepto en la crisis de la apertura comercial entre 1994 y 1995. En la actualidad, la mayor presión está dada por el incremento del número de automovilistas y equipo automotriz en las familias y en las empresas. Entonces, destinar una planta industrial de refinación dada para determinada prueba de un catalizador –si falla,<sup>152</sup> hace decrecer en forma inmediata la capacidad productiva y esto deviene en implicaciones negativas dentro de un mercado bajo fuertes presiones. Esto a su vez, llevaría a un balance comercial externo negativo por el aumento en la importación de gasolina o diesel de los EUA.

La *segunda etapa* es la del consumo industrial del catalizador.<sup>153</sup> Si la evaluación industrial es favorable, el catalizador se comercializa. Incluyendo los servicios que se desprenden del uso en planta de ese catalizador. Los lotes del catalizador son fabricados por el Socio tecnológico –quien le paga al IMP regalías por el uso de su tecnología para la manufactura. Los servicios tecnológicos para la operación eficiente del catalizador en planta los proporciona el IMP.

Actualmente, la política de compra de catalizadores por parte de PEMEX-Refinación se modificó en forma diametral. La venta no sólo se canaliza por medio de una licitación pública en el mercado internacional –al amparo de la legislación sobre la obra pública (1993, 2000). También, los nuevos catalizadores tendrán que venir acompañados de la prueba industrial correspondiente –es decir, a cargo del proveedor tecnológico. En México, las únicas instalaciones en las cuales puede probarse industrialmente un catalizador son las de PEMEX Refinación. Por otra parte, la nueva política de PEMEX Refinación en torno a los servicios para sus

---

<sup>152</sup> El Área de Catálisis del IMP ha tenido que pasar por esta amarga experiencia. En efecto, el catalizador RNA-2 al probarse en planta no alcanzó el desempeño técnico esperado. Los ingenieros a cargo del servicio tecnológico del IMP alegan que el error fue causado por los operadores de la planta, quienes no siguieron sus instrucciones al preparar el reactor y cargar el catalizador. Para los operadores y supervisores de la planta de PEMEX Refinación, el problema estaba en el catalizador diseñado por el IMP y su falta de experiencia para los servicios tecnológicos.

<sup>153</sup> Ver Cuadro 4.11c.

refinerías es que sean contratos integrales. Esto significa que la empresa proveedora de servicios deberá ofrecer todos los servicios que requiera PEMEX Refinación en un solo contrato. Como el IMP solo ofrece los servicios tecnológicos de sus ingenieros de servicio y algunos otros a través de la subcontratación de terceros, tendrá que buscar más alianzas –principalmente con empresas extranjeras, para poder acceder al mercado de los servicios de PEMEX Refinación. Esta nueva política de compra y contratación de servicios de PEMEX Refinación se convierte entonces en un obstáculo para la innovación tecnológica de catalizadores en el IMP.

En efecto, sin la cooperación de PEMEX, el IMP tendría que buscar la prueba en las empresas extranjeras o desistir del negocio de catalizadores en los términos desarrollados hasta el momento. Es decir, esto exigirá por lo tanto, entrar en negociaciones para acordar nuevas relaciones contractuales que permitan profundizar las relaciones entre proveedores y usuarios: sea de cooperación con PEMEX o de asociación con empresas extranjeras o inclusive ambas vías a la par, aunque no bajo las condiciones del anterior esquema. Lo importante es que las condiciones anteriores en la que se desarrolló el *Área de Catálisis* y penetraron los catalizadores del IMP en PEMEX Refinación se han modificado, por lo que deberán reformularse su política de alianzas y su estrategia tecnológica hacia el exterior y el interior.

La *tercera etapa* refiere a como se contemplan mejoras al catalizador actual, así como la remoción y desecho de ecológico de catalizadores gastados.<sup>154</sup> Aquí es importante la retroalimentación sobre el desempeño del catalizador entre el operador de la planta y los investigadores que lo desarrollaron. En concreto esta comunicación depende del ingeniero a cargo del servicio tecnológico. Estos actores

---

<sup>154</sup> Ver Cuadro 4.11c.

–el operador y el ingeniero de servicio del IMP, son una fuente de conocimiento para que los inventores e investigadores puedan mejorar el catalizador.

### ***4.3 El negocio de los Catalizadores en el IMP, 1976-2003***

La finalidad de esta tercera sección es esclarecer la dinámica económica y tecnológica del *Negocio de los Catalizadores* del IMP en el mercado mexicano de refinación de combustibles. Contiene dos partes. La primera expone la evolución de las trayectorias tecnológicas de los catalizadores del IMP en términos de su desempeño comercial por segmento de mercado. Medido según las regalías obtenidas de transferir la tecnología a las empresas extranjeras que fabrican los catalizadores para PEMEX Refinación. El desempeño se ordena por catalizador y trayectoria tecnológica. La segunda esclarece el papel de los *Servicios Tecnológicos de Catalizadores* y define la economía del *Negocio de los Catalizadores* del IMP. Incluye al inicio un relato detallado de la última experiencia emprendida por el IMP para manufacturar catalizadores en México.

#### ***4.3.1 Trayectorias tecnológicas de catalizadores del IMP, 1976-2000***

Esta parte presenta la evolución de las trayectorias tecnológicas de catalizadores IMP en el mercado nacional –las refinerías de PEMEX. Tiene dos apartados. El primero analiza el mercado mexicano de catalizadores. El segundo las principales trayectorias tecnológicas de catalizadores del IMP en ese mercado.

##### ***A. Trayectorias tecnológicas en el mercado mexicano***

El mercado nacional de catalizadores para refinar combustibles factura ventas anuales por 72 millones de dólares (2001).<sup>155</sup> Los catalizadores basados en el diseño tecnológico del IMP participan con dos quintas partes del mercado nacional

–39 por ciento. Las empresas extranjeras surten directamente la porción mayoritaria –61 por ciento. Dicho mercado se compone de ocho segmentos industriales definidos por los principales procesos catalíticos para refinar combustibles. A estos corresponden las trayectorias tecnológicas siguientes.<sup>156</sup>

*a) Hidrodesintegración de residuales*

Este catalizador contribuye a procesar los residuales del petróleo –son extra pesados y característicos del crudo maya mexicano. Como este catalizador se gasta rápidamente, representa la mitad de las ventas nacionales de catalizadores. Constituye el segmento de participación directa de mayor importancia para las empresas extranjeras. El IMP no tiene participación de mercado aunque si ha registrado algunas patentes al respecto –el 2.5 por ciento.<sup>157</sup>

*b) Desintegración catalítica (FCC)*

Con este tipo de catalizador se procesa y fabrica la mayor parte de la gasolina consumida en México, por lo cual, es un catalizador que se repone de manera intensa. Representa poco más de la tercera parte de las ventas del mercado nacional. Es el segmento de mercado donde los diseños tecnológicos del IMP se han difundido con mayor efectividad en términos de ventas. En contraste a esta participación de mercado, su volumen de inventos patentados es tercero en importancia –con 12.5 por ciento del total.<sup>158</sup>

---

<sup>155</sup> Ver IMP (2002).

<sup>156</sup> Ver Cuadro 4.12. Los ocho renglones se ordenaron de mayor a menor, en función de la columna (4) “Patentes del IMP”. Para contrastar su participación de mercado con su capacidad tecnológica de invención.

<sup>157</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 7.

<sup>158</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 3.

*c) Hidrodesulfuración*

Este procesa “limpia” el crudo petrolero eliminando el azufre que contiene. Este tipo de catalizador se gasta menos rápido que los anteriores, por ello, representa una porción menor dentro del mercado nacional. Es el segundo segmento en importancia por ventas del IMP. Las empresas extranjeras participan en el mercado de forma marginal. Esta trayectoria representa el punto de arranque histórico del aprendizaje tecnológico sobre catalizadores en el IMP. Medido en patentes constituye en la actualidad el proceso con la mayor acumulación de conocimiento tecnológico e invenciones por parte del IMP. –con 34 por ciento.<sup>159</sup>

*d) Reformación de nafta*

Este proceso aumenta el octanaje de la gasolina. Es la segunda trayectoria en la que incursiona el IMP al principio de los ochenta. Actualmente, tiene una porción marginal del mercado nacional y en el segmento participan por igual con sus respectivos diseños tecnológicos las empresas extranjeras y el IMP. Representa el segundo lugar en importancia en cuanto al conocimiento tecnológico acumulado en patentes por el IMP –con 20 por ciento.<sup>160</sup>

*e) Isomerización*

Tecnológicamente, implica mayor complejidad y su contribución a combustibles más limpios ira creciendo con el tiempo. Actualmente, representa una porción marginal en el mercado nacional. Este se abastece de catalizadores extranjeros ya que el IMP no participa en el mercado. Aunque, si presenta una trayectoria tecnológica en términos inventivos –con 11 por ciento del total.<sup>161</sup>

---

<sup>159</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 1.

<sup>160</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 2.

*f) Recuperación de azufre*

Se utiliza para retirar azufre del petróleo. Representan porciones marginales del mercado nacional abastecidas por empresas extranjeras. Asimismo, al igual que en rubro anterior, el IMP ha desarrollado actividades de investigación y desarrollo tecnológico, pues hay patentes registradas –con 11 por ciento del total.<sup>162</sup>

*g) Polimerización*

Representa una parte marginal de las ventas nacionales. Este proceso catalítico es un monopolio del catalizador del IMP. Es la tercera trayectoria tecnológica en la que incursionó durante principios de los ochenta. Registra también su propia trayectoria de patentes –con 7.5 por ciento del total.<sup>163</sup>

*h) Endulzamiento*

Representa una parte marginal de las ventas nacionales. En este segmento de mercado, junto con el IMP, también participan empresas extranjeras. Es la última trayectoria innovadora en la que ha incursionado el IMP, iniciada a principios de los noventa. Registra una porción marginal de patentes –con 1.3 por ciento del total.<sup>164</sup>

Así, en la perspectiva de las ocho trayectorias tecnológicas en las cuales ha incursionado el IMP, en cinco ha logrado comercializar catalizadores con su tecnología. Sin embargo, su participación total en el mercado de catalizadores es menor a la de empresas extranjeras.<sup>165</sup> En especial, destaca un contraste entre sus capacidades tecnológicas medidas por patentes y su participación de ventas en el

---

<sup>161</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 4.

<sup>162</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 5.

<sup>163</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 6.

<sup>164</sup> Ver Cuadro 4.12, Renglón 8.

<sup>165</sup> Ver Cuadro 4.12.

mercado. Mientras sus capacidades tecnológicas se concentran en la Hidrodesulfuración, su principal fuente de ingresos en el mercado es el segmento de FCC. Es decir, Los recursos inventivos no están canalizados hacia el segmento FCC, el más rentable del IMP en el mercado mexicano.

A su vez, desde la perspectiva del mercado, la evidencia sobre regalías producto de la transferencia de tecnología a los socios tecnológicos fabricantes del catalizador permite trazar los cambios técnicos más importantes en la evolución de las trayectorias tecnológicas de catalizadores del IMP.<sup>166</sup>

El primer catalizador que inició las ventas del IMP fue de hidrodeshulfuración –en 1976. En esta lógica, los años setenta representan la fase del aprendizaje básico. Tanto para producir el conocimiento tecnológico esencial para refinar combustibles, como el establecimiento y gestión de las relaciones tecnológicas e industriales con socios extranjeros para manufacturar y comercializar los catalizadores.<sup>167</sup> Durante los ochenta, el Área de Catálisis del IMP inició la diversificación de sus trayectorias tecnológicas de catalizadores. Desarrolló catalizadores para las trayectorias de *Polimerización y Reformación de Nafta* (1983), en un inicio, relativamente importantes.<sup>168</sup> Luego, pierden participación relativa frente al avance de los catalizadores FCC introducidos al final de los ochenta –en 1988.<sup>169</sup> La trayectoria de *Endulzamiento* es la última vertiente tecnológica emprendida por el IMP a mediados de los noventa –en 1995.<sup>170</sup>

Destaca la difusión en la industria de la refinación de gasolina de los catalizadores FCC diseñados por el IMP –entre los ochenta y los noventa se dio una significativa expansión. Las regalías de catalizadores FCC crecieron hasta el punto

---

<sup>166</sup> Ver Cuadro 4.13. La evidencia se ordenó conforme el año de introducción comercial de la tecnología de catalizadores respectiva.

<sup>167</sup> Ver Cuadro 4.13, Renglón 1.

<sup>168</sup> Ver Cuadro 4.13, Renglones 2 y 3.

<sup>169</sup> Ver Cuadro 4.13, Renglón 4.

<sup>170</sup> Ver Cuadro 4.13, Renglón 5.

de contribuir con tres cuartas partes –el 76 por ciento– del total de todos los catalizadores comercializados por el IMP.<sup>171</sup>

### ***B. Trayectorias tecnológicas e innovación en la industria de la refinación de combustibles***

Este apartado expone en orden diacrónico tres de las cinco trayectorias tecnológicas del IMP –HDS, Reformación de nafta y FCC, en el mercado mexicano de catalizadores. La evidencia sobre regalías correspondientes a cada trayectoria se analiza conforme el orden que marca el año de introducción comercial de cada catalizador.<sup>172</sup> Por último, la evidencia anterior también se separa en dos subconjuntos: los exitosos y los marginalmente exitosos.

#### *a) Trayectoria de tratamiento con hidrógeno*

Esta trayectoria se compone de cuatro generaciones tecnológicas de catalizadores de hidrodesulfuración.

#### *-Primera generación: IMP-DSD-1[(U),(K),(D)], IMP-DSD-2*

La primera generación comercial de catalizadores convencionales para hidrodesulfurar nafta al nivel industrial fue la denominada IMP-DSD-1 (1976). Debido a la inexistencia de fabricantes de catalizadores en México, la empresa extranjera Universal Oil Products (UOP) hizo el primer escalamiento industrial de esta formulación del IMP (1976). El resultando fue la fabricación del catalizador IMP-DSD-1U.<sup>173</sup> Sin embargo, esta relación manufacturera y comercial con la UOP terminó cuando se les impidió a los expertos del IMP supervisar la

---

<sup>171</sup> Ver Cuadro 4.13, Renglón 4.

<sup>172</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998).

<sup>173</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 5.

fabricación del catalizador en las instalaciones de esa empresa. La nueva versión del catalizador fue el IMP-DSD-1K, escalado industrialmente por la empresa UCI, utilizando como soporte un material de la compañía Kaiser –en 1979.<sup>174</sup> El retiro comercial de ésta última (1994), obligó a buscar un nuevo abastecedor del soporte. La empresa seleccionada fue Discovery Chemicals y el resultado de esta asociación fue una nueva versión del catalizador, el IMP-DSD-1D –en 1994.<sup>175</sup> Al comparar estas tres versiones en términos de su desempeño comercial, el catalizador IMP-DSD-1K sobresale con el registro más alto en regalías (31 por ciento) y por un largo periodo –desde 1979 hasta 1992.<sup>176</sup> Los otros dos –el DSD-1U y el DSD-1D, han sido marginalmente exitosos, pues produjeron regalías, pero en montos poco significativos.

A partir del aprendizaje previo, el IMP volvió a incursionar en la opción de fabricación independiente –realizada en 1980. El resultado de esta nueva experiencia fue el desarrollo del catalizador IMP-DSD-2.<sup>177</sup> Utilizando como soporte una alúmina importada –por la empresa Rhone Poulenc, se fabricó en la empresa EXIM-GRO en México. Sin embargo, por el alto costo de las materias primas importadas, fabricarlo en México arrojó pérdidas. Este catalizador operó durante seis años en la planta U-8 en la Refinería de Salamanca y salió del mercado.<sup>178</sup>

*-Segunda generación: IMP-DSD-3, IMP-DSD-3+, IMP-DSD-4*

El catalizador IMP-DSD-3 –para hidrodesulfurar diesel y querosina, se fabricó en asociación con la empresa Criterion (1984). Comercialmente, no fue

---

<sup>174</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 1.

<sup>175</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 13.

<sup>176</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 1.

<sup>177</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 6.

<sup>178</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998).

muy exitoso.<sup>179</sup> Con características casi idénticas –excepto en tamaño, la nueva versión fue el IMP-DSD-3+. Su desempeño técnico fue excepcional, aunque en lo comercial, fue el de menor nivel entre los cuatro más exitosos de HDS –sólo 9 por ciento del total.<sup>180</sup> Un nuevo catalizador –el IMP-DSD-4, se desarrolló con la compañía Katalco (1985), pero no fue mantenido comercialmente porque las regulaciones ambientales de EUA forzaron cerrar sus instalaciones de producción.<sup>181</sup>

*-Tercera generación: IMP-DSD-5 [(E), E(+)]*

El IMP desarrolló junto con UCI el catalizador IMP-DSD-5 así como otras dos versiones, el IMP-DSD-5E y el IMP-DSD-5E+. En términos, comerciales estas tres versiones no fueron exitosas –sumaron sólo 6.6 por ciento del total.<sup>182</sup>

*-Cuarta generación: IMP-DSD-10; IMP-DSD-11; IMP-DSD-14*

El catalizador IMP-DSD-11 para hidrotratar gasóleo ligero fue fabricado con la empresa Criterion (1991). En términos comerciales este catalizador es el tercero de los cuatro con mejor desempeño –con 17.4 por ciento del total.<sup>183</sup> Posteriormente (1993), se desarrollo el catalizador IMP-DSD-10.<sup>184</sup> Con estos dos catalizadores PEMEX Refinación obtuvo Diesel Sin con 500ppm de azufre sin necesidad de hacer cambios en sus plantas industriales. Sin embargo, en un análisis de costos resultó más atractivo el IMP-DSD-11 sobre el IMP-DSD-10.

El IMP-DSD-14 se fabricó a través de la empresa Criterion. Es actualmente el catalizador HDS con el mejor desempeño técnico y comercial del IMP y el de

---

<sup>179</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 7.

<sup>180</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 2.

<sup>181</sup> Ver IMP (1998a).

<sup>182</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglones 8, 10 y 11.

<sup>183</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 3.

<sup>184</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 12.

mayor aceptación en PEMEX.<sup>185</sup> Se utiliza fresco en plantas para hidrodesulfurar diesel. Luego, el producto gastado se lleva a las plantas de tratamiento de nafta, donde la actividad residual es suficiente para lograr el nivel requerido de desulfuración.<sup>186</sup>

Finalmente, El IMP-DSD-17 es un catalizador caracterizado por el uso novedoso de ciertos materiales que lo hacen tecnológicamente superior. Sin embargo, su desempeño técnico se ha visto disminuido por la lentitud del proceso de reconfiguración de plantas de refinación de PEMEX. Por lo mismo, su desempeño comercial ha sido débil –con 2 por ciento.<sup>187</sup>

*b) Trayectoria de la reformación de nafta*

Tecnológicamente, estos catalizadores son más complejos que los de HDS. El IMP ha desarrollado cuatro catalizadores en tres generaciones comerciales.<sup>188</sup>

*-Primera generación: IMP-RNA-1, IMP-RNA-1 (M)*

La reformación de nafta es un proceso clave para la producción de gasolina de alto octano. El primer catalizador desarrollado fue el IMP-RNA-1 –en 1984. Al inicio este catalizador se fabricó con la empresa Engelhard. La asociación productiva terminó debido a que no seguía las especificaciones del IMP. La nueva asociación fue con la empresa Solvay quien fabricó el catalizador hasta 1994. A partir de entonces se trabajó con Criterion. En su comportamiento comercial, la evidencia indica el primer lugar en desempeño y un extenso ciclo de vida como producto –con 59 por ciento del total.<sup>189</sup>

---

<sup>185</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 4.

<sup>186</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998).

<sup>187</sup> Ver Cuadro 4.14, Renglón 14.

<sup>188</sup> Ver Cuadro 4.15; Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998).

<sup>189</sup> Ver Cuadro 4.15, Renglón 1.

A su vez, el catalizador IMP-RNA-1M –fabricado por Acreon-, es el sucesor del anterior y conforman juntos la primera de tres generaciones comerciales en reformación de nafta. Este catalizador se evaluó en 1997 en la planta reformadora de nafta de Salina Cruz. Como no se controló adecuadamente la función ácida por lo que en la prueba industrial no se obtuvo los resultados deseados. Sin embargo, recientemente se han logrado resultados satisfactorios, con lo cual su desempeño comercial fue el segundo en importancia –con 25 por ciento del total.<sup>190</sup>

#### *-Segunda generación IMP-RNA-2*

La diversificación en el desarrollo de este tipo de catalizadores prosiguió con el IMP-RNA-2, fabricado con la firma Criterion.<sup>191</sup> Fue propuesto en varias ocasiones para ser utilizado en plantas petroquímicas (como La Cangrejera). Sin embargo, sólo se utilizó en la reformación de nafta, donde mostró buenos resultados dadas las limitaciones de la planta. Fue el catalizador con menor éxito comercial.<sup>192</sup>

#### *-Tercera generación: IMP-RNA-4*

El último de la serie de estos catalizadores fue el IMP-RNA-4, fabricado en asociación tanto con Solvay como Criterion.<sup>193</sup> En su desempeño comercial ostenta el tercer lugar –con 14 por ciento del total. Cabe mencionar que antes de generar y fabricar este catalizador, el de origen extranjero usado por PEMEX Refinación costaba 14 dólares la libra. Cuando apareció el IMP-RNA-4 a un costo de 8.5 dólares la libra, la empresa extranjera redujo su precio de 14 a 9 dólares la libra. Esto muestra como la aparición comercial de catalizadores IMP funciona como una

---

<sup>190</sup> Ver Cuadro 4.15, Renglón 2.

<sup>191</sup> Ver Cuadro 4.15, Renglón 3.

<sup>192</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998).

forma de negociar mejores precios con empresas extranjeras.

*c) Trayectoria FCC*

Hacia finales del siglo pasado, el IMP alcanzó a cubrir temporalmente la demanda de todas las unidades de *Desintegración Catalítica* (FCC) de PEMEX Refinación.<sup>194</sup> Sin embargo, en los últimos dos años, conforme ha ido avanzando la reconfiguración de las refinerías, las empresas extranjeras ha ido ganado licitaciones internacionales de catalizadores FCC. Cuatro son las generaciones de este tipo de catalizadores por parte del IMP.

*-Primera generación: IMP-FCC-05 (R, MD), IMP-FCC-06 (R)*

El IMP incursionó (1988) en la comercialización de los catalizadores desintegración de gasóleos en lecho fluidizado (FCC), el principal proceso de las refinerías mexicanas actuales para refinar gasolina –después de 5 años de intensa investigación básica y aplicada. El catalizador IMP-FCC-05 fue el primer catalizador introducido en el mercado de PEMEX (1988). En su desempeño comercial ha sido el más exitoso hasta mediados de los noventa –con 26 por ciento del total. Tuvo dos versiones. Primero, el IMP-FCC-05MD que fue relativamente exitoso –con 14 por ciento de las regalías. Segundo, el IMP-FCC-05R que fue marginalmente exitoso –con solo el 3 por ciento del total de las regalías<sup>195</sup>

Posteriormente, se desarrolló el catalizador IMP-FCC-06 que derivó asimismo en otra versión, el IMP-FCC-06R.<sup>196</sup> El primero sólo alcanzó el nivel de lo marginalmente exitoso. El segundo casi no produjo regalías. Toda esta generación de catalizadores ya se encuentra desincorporada. Todos estos

---

<sup>193</sup> Ver Cuadro 4.15, Renglón 4.

<sup>194</sup> Ver Cuadro 4.16; Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998).

<sup>195</sup> Ver Cuadro 4.16, Renglón 1.

catalizadores se fabrican con Engelhard.

- *Segunda generación: IMP-FCC-11, IMP-FCC-12 (R)*

Posteriormente, PEMEX Refinación demandó catalizadores que orientaran su actividad en dos sentidos. Primero, a la producción de gasolina de alto octano, y después, a la maximización del barril octano. Para cubrir estas funciones, la principal novedad tanto del IMP-FCC-11 como del IMP-FCC-12 es el contenido de tierras raras que se intercambian químicamente en la zeolita. Estas dos versiones las fabrica Engelhard. Ambos catalizadores aparecen en el mercado a mediados de los noventa (1996), siendo marginalmente exitosos –juntos suman el 9 por ciento del total de regalías.<sup>197</sup>

- *Tercera generación: IMP-FCC-51, IMP-FCC-Precisión*

El catalizador IMP-FCC-51 se fabricó en colaboración con la empresa Grace (1994), y es el único que no se fabrica con Engelhard. Se caracteriza la integración de sus materiales, previamente sintetizados. El desempeño técnico y comercial de este catalizador ha sido también sobresaliente –las regalías ascendieron a 26 por ciento del total.<sup>198</sup> Finalmente, una de las últimas innovaciones del IMP en materia de catalizadores FCC es el catalizador Precisión (1999).

En suma, a lo largo del tiempo, desde la invención hasta la innovación de los catalizadores, la evidencia anterior indica como la innovación es un proceso sumamente selectivo. En efecto, en términos de selección de mercado sólo unos cuantos catalizadores comerciales son exitosos y explican la parte principal en el desempeño del Negocio de Catalizadores del IMP. Puede afirmarse entonces, que

---

<sup>196</sup> Ver Cuadro 4.16, Renglones 5 y 6.

<sup>197</sup> Ver Cuadro 4.16, Renglones 8 y 9.

<sup>198</sup> Ver Cuadro 4.16, Renglón 3.

producir una innovación exitosa implica otras innovaciones no exitosas. Así como un cúmulo mayor de conocimiento y de invenciones registradas en decenas de patentes. Asimismo, la gestión de este proceso por la organización requiere orientarlo en términos de una estrategia donde la investigación y desarrollo tecnológico se aplican a productos comerciables.

#### ***4.3.2 Economía de los servicios y la investigación de catalizadores; La estrategia de desarrollo tecnológico de catalizadores del IMP***

Aquí se explora el papel de los servicios tecnológicos y se revisa la economía del negocio de los catalizadores del IMP. Se compone de dos apartados. En el *primero* se esclarecen las actividades que caracterizan a los servicios tecnológicos de catalizadores del IMP. Se ilustra como son ofrecidos a la industria del petróleo a través de la *Compañía Internacional de Catalizadores de Impregnación* (CICI) – cuyo objetivo inicial era manufacturar catalizadores y de la cual el IMP fue socio fundador hasta hace un año (2003). En el *segundo* se expone la economía de la investigación, desarrollo tecnológico y servicios de catalizadores que componen el *Negocio de los Catalizadores* del IMP. Primero a partir de una visión del mercado nacional y por cada segmento de los catalizadores. Luego, comparando los ingresos y gastos derivados de la *Investigación* y los *Servicios* del *Área de Catálisis* del IMP.

##### ***A. Manufactura y servicios de catalizadores***

Los servicios de catalizadores del IMP se ofrecen –hasta finales de los noventa, a través de la *Compañía Internacional de Catalizadores de Impregnación* (CICI). Esta firma representa el último intento del IMP por fabricar catalizadores

en México.<sup>199</sup> Analizar la experiencia del IMP con la CICI es importante porque con su fundación se buscaba crear capacidades productivas de catalizadores de carácter nacional. Y con ello, ampliar las actuales capacidades tecnológicas. Fue además, la más significativa de al menos tres experiencias previas del IMP por establecer dicha capacidad de producción. Sin embargo, esta experiencia institucional derivó en una empresa de servicios tecnológicos de catalizadores. A continuación se expone la concepción original del proyecto y la evolución de la compañía en la última década. Tres son los principales aspectos.

*a) Concepción original del proyecto*

La idea original al crear una empresa como la CICI se gestó hacia finales de los setenta (1978-1979) –en plena época del “boom” petrolero. Tuvieron lugar desde entonces, varios intentos por elaborar un proyecto definitivo, aunque, fueron desechados. Proyectos más serios se dieron en la segunda mitad de los ochenta (1985 a 1991). Inclusive, desde antes de constituir la CICI, se hicieron estudios sobre el negocio y no era rentable. El costo de producción era muy alto y la ganancia esperada demasiado baja.<sup>200</sup> El IMP se planteó como la estrategia central del Proyecto construir una planta industrial para fabricar y comercializar catalizadores con diseños tecnológicos propios (1990). Mediante la constitución de una empresa filial, los catalizadores a producir serían los de hidrodesulfuración, reformación de nafta y polimerización.

Así, la CICI se fundó –en 1991– con la siguiente participación accionaria:<sup>201</sup>

i) El grupo mexicano Protexa con 32 por ciento; ii) Sud Chemi, antes United

---

<sup>199</sup> Ver Soria y Bermúdez (2002).

<sup>200</sup> Ver Soria y Bermúdez (2002); Soria y Zárate (2002); Beltrán y Soria (2002); IMP (1998a).

<sup>201</sup> Con un capital social de \$10 millones de pesos (1991, marzo), que posteriormente se incrementó mediante varias aportaciones, hasta alcanzar a la fecha \$1,555,000 dólares. El gobierno no subsidió su creación. Más bien, las aportaciones provinieron: una parte de créditos, uno otorgado por Banamex y otro por Nacional Financiera. El resto fueron recursos aportados vía inversión extranjera directa (UCI, Akzo, etc.).

Catalysts Incorporated (UCI) con 32 por ciento; iii) Quimicorp Internacional, subsidiaria en México de Akzo Nobel con 17 por ciento; iv) y, el IMP con 19 por ciento. La empresa fue fundada entonces incluyendo a ex trabajadores petroleros. Durante el período de 1991 a 1993, la empresa se concretó a realizar estudios de viabilidad económica, incluyendo análisis de mercado, gestiones de términos de suministro de materia prima y venta de los productos que se tenía considerado fabricar. También se realizaron actividades de ingeniería conceptual relativas al diseño de la planta de manufactura. El cálculo del tamaño del mercado inicial se restringió al nacional.<sup>202</sup>

La tecnología para fabricar sería proporcionada por la UCI. Era tecnología de frontera que todavía podría haber seguido dando resultados muy aceptables en la actualidad. La fabricación del catalizador la haría el IMP. Sin embargo, el diferencial de los costos de las materias primas (alúmina, sales metálicas) contra el precio competitivo del producto era marginal, arrojando resultados de inviabilidad por falta de rentabilidad del proyecto de inversión.<sup>203</sup> Finalmente, en la actualidad, el IMP ha decidido vender su participación accionaria y salirse de esta sociedad –más no romper sus relaciones de negocios. Al salir de la sociedad, Akzo tomaría su lugar como accionista, a través de Quimicorp. Los servicios a través de CICI han sido buenos negocios para el IMP. Sin embargo, son inversiones riesgosas y están fuera de la misión del IMP.

---

<sup>202</sup> Se analizó también el proyecto de instalar una planta de regeneración externa de catalizadores. Asimismo, en el proyecto se llegó a considerar la posibilidad de exportar. Para esto podrían haberse utilizado los canales comerciales que tenían los socios extranjeros de CICI. En Sudamérica estaba UCI, hoy bajo el nombre Sud Chemi. También se habrían podido aprovechar los contactos en Europa del socio Quimicorp, a través de Akzo Nobel.

<sup>203</sup> El soporte era todo de alúmina, material cien por ciento importado. De los metales preciosos el 40 por ciento era proporcionado por nacionales y el 60 por ciento de importación. Sólo la mano de obra y la administración eran productos completamente nacionales. Hacia los ochenta con los niveles de alta inflación, un tipo de cambio demasiado variable, del monto de inversión, se importaría el 70 por ciento de la maquinaria, equipo y materiales, dejando solamente 30 por ciento de los componentes a proveedores nacionales.

*b) Orientación hacia el mercado de los servicios*

¿Qué hace ahora CICI? Después de la experiencia fallida para fabricar catalizadores en México, la Dirección General del IMP decidió cederle todos los negocios de servicios integrados de catalizadores del Instituto. Esta se consideró sólo una salida lateral de carácter temporal. La CICI realizaría el suministro de servicios diversos conectados con el manejo de los catalizadores a las instalaciones industriales de PEMEX Refinación. Hasta 2003, esta empresa filial operaba con un gerente general, un ayudante técnico y dos personas de apoyo administrativo. Sus actividades eran identificar necesidades en las instalaciones de PEMEX y subcontratar a grupos de ingenieros y operarios que cuentan con la experiencia y el equipo para realizar estas actividades, técnicamente supervisadas por el IMP. A través de esta supervisión, el IMP ingresa montos equivalentes al 30% de la facturación de los subcontratistas.<sup>204</sup>

Actualmente, el mercado de los servicios a Pemex Refinación es de 3 a 4 millones de dólares por año. El Instituto participa con apenas el 10 por ciento. Este mercado se amplió a causa del crecimiento de las ventas –boom- del proceso “H Oil” de Texaco y comercializado por Criterion para refinar residuales.<sup>205</sup> En la actualidad, el próximo boom de los servicios será hasta el 2005, cuando se termine el proceso de reconfiguración de las refinadoras de PEMEX. Para ello, tendrá que diseñarse un plan estratégico considerando los nuevos tipos y volúmenes de ventas de catalizadores y servicios industriales asociados. El nuevo planteamiento es, entonces, que la CICI coordine a las compañías extranjeras y que el IMP reciba un

---

<sup>204</sup> Ver IMP (1998a). Por este concepto, en 1997, el Instituto facturó \$3.9 millones de pesos.

<sup>205</sup> En Tula y Salamanca, entre 1985 y 1990, el mercado del servicio a este proceso casi se triplicó cuando las plantas de refinación se duplicaron.

porcentaje del mercado.<sup>206</sup> El IMP seguirá proporcionando servicios para catalizadores, unos serán a través CICI y otros directos.<sup>207</sup>

Lo relevante en este sentido, es que el Instituto tiene conocimiento del mercado y las capacidades técnicas para ofrecer tanto servicios propios, como aquellos en que subcontrata a ciertas empresas especializadas.<sup>208</sup> Además, a diferencia de otros servicios del IMP, estos se han derivado de la existencia de actividades de investigación en catálisis y catalizadores. Hasta hace un par de años, los contratos para el suministro de servicios se asignaban directamente y ahora es a través de un concurso público de licitación internacional. En efecto, para cubrir sus necesidades de manejo y operación de catalizadores en plantas de refinación, PEMEX instituyó los contratos de servicios integrales multi anuales. Entonces, la viabilidad de la empresa CICI dependerá sólo de los resultados de los concursos públicos.<sup>209</sup> En este sentido, las compañías extranjeras han ido formando “alianzas”, debido a que los ganadores de estos concursos sólo podrán ser empresas que ofrezcan todos los servicios. La CICI sí podría hacerlo también, pues tiene capacidades a través de sus socios. Sin embargo, es importante que el Instituto ya no sea socio de la CICI, para que los contratos ganados no sean impugnados, como sucedió en el pasado.<sup>210</sup>

---

<sup>206</sup> Lo hace asociado con al menos tres empresas, Cat Tech, R Tech, Incat. Entre todos dan servicio bajo un esquema en el que participan las tres empresas asociadas con la CICI.

<sup>207</sup> Por ejemplo, los servicios para la reformadora en Tula, donde se compite con empresas extranjeras.

<sup>208</sup> A través de CICI se ha contratado a compañías dedicadas al suministro de algunos de sus servicios especializados -como el presulfhidrado y la regeneración. Sobresale el caso de EuroCat y CRI con quienes el IMP ha tenido tratos directos. Ver IMP (1998a).

<sup>209</sup> Ver IMP (1998a).

<sup>210</sup> Inclusive, CICI ya ganó un contrato. Sin embargo, otra empresa impugnó el proceso argumentando que se les habían favorecido debido a los vínculos de PEMEX y el IMP. Eventualmente, todo se arregló y el contrato se le entregó al IMP, pero un año después. Esto influyó para tomar la decisión de retirarse.

*c) Servicios del IMP*

Para mediados de los ochenta los catalizadores HDS y desde principios de los noventa los catalizadores FCC, ya habían penetrado satisfactoriamente el mercado de PEMEX. Entonces, conforme creció la venta a PEMEX de catalizadores diseñados por el Área de Catálisis del IMP se elevó la demanda de los servicios tecnológicos para plantas industriales con reactores que utilizan estos catalizadores. Actualmente, el área de catalizadores ofrece a PEMEX Refinación un paquete integral de manejo de catalizadores y de atención a reactores.<sup>211</sup> Proporciona diversos servicios tecnológicos: Asistencia técnica en el arranque, operación y/o mantenimiento de reactores en plantas industriales: FCC, HDS, Reformación de nafta, Isomerización, Etileno, Óxido de etileno, Recuperación de azufre, Hidrogenación, Eterificación, Síntesis de gas y amoníaco; Cambio de catalizador (carga y descarga);<sup>212</sup> Desnatado de catalizadores; Cribado de catalizador y alúmina; Regeneración y activación de catalizadores; Monitoreo del desempeño del catalizador en el reactor;<sup>213</sup> Recuperar los metales preciosos de catalizadores desactivados para reutilizarlos;<sup>214</sup> Disposición ecológica de los catalizadores gastados; Toma de muestras, análisis CRETIB y de metales; Transporte especializado; Materiales por desgaste de equipos;<sup>215</sup> Certificación de calidad.<sup>216</sup> En suma, una vez que el IMP logró diseñar de manera propia y fabricar

---

<sup>211</sup> Ver IMP (2001). Tecnológico: actividades destinadas a la aplicación no sistemática, selectiva y alternada de experiencia y conocimiento científico y tecnológico para inferir soluciones a necesidades técnicas, sea asociadas a problemas operativos o a mejora de operaciones. Técnico: actividades que aplican metodologías y habilidades técnicas y de ingeniería (maduras y ampliamente probadas), para la solución sistemática y estandarizada de problemas comunes relacionados con la operación cotidiana de instalaciones productivas.

<sup>212</sup> Para el IMP este nicho de mercado existe porque cargar y descargar catalizadores es un trabajo especializado, donde PEMEX tiene poco personal. Ver IMP (1998a, 2002).

<sup>213</sup> Produciendo indicadores que miden el estado de los catalizadores para alcanzar el óptimo de planta –por ejemplo, como se ha realizado en la refinería de Salamanca.

<sup>214</sup> La recuperación de metales como platino y renio, que son materiales insolubles, es un trabajo muy especializado.

<sup>215</sup> Refacciones, empaques, canastillas, tornillos.

<sup>216</sup> Un servicio que actúa como una garantía. Se hacen estudios y certificados de servicios de calidad superiores. Los métodos analíticos de las empresas extranjeras están aquí en el instituto. En efecto, el IMP recibe beneficios por cada maniobra con Certificado de Calidad a procesos en PEMEX.

a través de alianzas con socios tecnológicos catalizadores competitivos para PEMEX Refinación, se estimuló el crecimiento de los servicios –uso, reuso y deshecho industrial de catalizadores.

### ***B. Economía de la investigación, desarrollo tecnológico y servicios de catalizadores***

Finalmente, analizaremos la economía del negocio de catalizadores del IMP. Esto permite apreciar como el modo de organizar la producción del conocimiento tecnológico para el diseño de catalizadores comienza con la investigación aplicada y no con la investigación básica.<sup>217</sup>

La evidencia indica que en la segunda mitad de los noventa (1997), la fuente de financiamiento más importante de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico en catalizadores era PEMEX Refinación, a través de la *Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico* –con 64 por ciento.<sup>218</sup> Esto significa que solo un poco más de la tercera parte de los ingresos eran aportados por el IMP –con 36 por ciento.<sup>219</sup> Sin embargo, el financiamiento a la investigación aplicada y desarrollo tecnológico en catalizadores por parte de PEMEX Refinación desapareció con al fin del milenio, igual que la *Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico* de PEMEX.<sup>220</sup> Esto implicó –durante 2001– que todo el financiamiento para cubrir el gasto de investigación aplicada y desarrollo tecnológico fuera aportado por el IMP.<sup>221</sup> Entonces, hacia la segunda mitad de los noventa –en 1997– el margen de beneficio de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, así como por la venta de catalizadores y servicios –en

---

<sup>217</sup> Ver Cuadro 4.17, Columna 2.

<sup>218</sup> Ver Cuadro 4.17, Columna 3.

<sup>219</sup> Ver Cuadro 4.17, Renglones 2.5 y 2.6, Columna 3.

<sup>220</sup> Ver Cuadro 4.17, Renglones 2.1 y 2.2, Columna 3.

<sup>221</sup> Ver Cuadro 4.17, Renglones 2.3 y 2.4, Columna 4.

especial en el caso de estos últimos– era favorable para el IMP. En contraste, para el inicio del milenio –en 2001– las ventas de catalizadores y los servicios no compensaron los abultados gastos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico de catalizadores.

En conclusión, el comportamiento reciente del margen de beneficio de la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico registra un significativo déficit. Aunque las regalías y los servicios por ventas de catalizadores presentan un margen de beneficio –sobre todo estos últimos–, son insuficientes para cubrir el gasto en investigación y desarrollo tecnológico que requieren los catalizadores.<sup>222</sup>

---

<sup>222</sup> Ver Aboites, Beltrán y Domínguez (2004).

## 4.4 Hallazgos y reflexiones

### 4.4.1 La organización del Área de Catálisis

Al analizar el cambio de la estructura formal de organización del *Área de Catálisis* entre 1967 y 2003, se encontraron una serie de rasgos que permiten caracterizar la evolución de la organización formal de la capacidad de investigación básica, aplicada y el desarrollo tecnológico de catalizadores en el IMP, en dos etapas y cinco fases.

Durante la primera *Etap*a (1967-1992), tomó lugar la adquisición y desarrollo de capacidades tecnológicas para diseñar y comercializar catalizadores. La estructura formal de organización tuvo tres cambios. En una primera *Fase* (1967-1974) se orientó a construir capacidades de investigación esenciales asimilando el conocimiento de la disciplina de la Catálisis. En la segunda *Fase* (1975-1982) se desarrollaron tanto la investigación básica como la aplicada, aunque por separado, cada una dentro de diferentes componentes organizacionales. En la tercera *Fase* (1983-1992) el IMP logró diversificar las trayectorias tecnológicas de catalizadores aumentando su penetración comercial.

Durante la segunda *Etap*a (1993-2003) se conformó como tal el Negocio de Catalizadores que consolidó un modo particular de producir investigación y desarrollo tecnológico sobre catalizadores. Tiene dos fases. En la primera *Fase* (1993-1999), se consolidó una *forma integral de organizar* la investigación, servicios y comercialización de catalizadores bajo un solo mando gerencial. Aunque en el momento de su gestación como gerencia, hubo conflictos y rupturas internas. En la segunda *Fase* (2000-2003), con la introducción de la innovación organizacional, se modificó el modelo de innovación tecnológica de catalizadores adoptado en la fase anterior, al fraccionarse los elementos que componían la

*Gerencia de Catálisis y Materiales*, en las diferentes *Plataformas* de la organización: *Atención a Clientes, Soluciones, Investigación y Competencias*. Esto por sí mismo, eleva el grado de dificultad de la coordinación dentro de la organización.

En síntesis, el cambio más reciente de la estructura formal de organización del IMP,<sup>223</sup> tuvo dos efectos sobre el *Área de Catálisis*. El primero fue el desintegrar administrativamente la unidad de negocio de catalizadores organizada durante los noventa.<sup>224</sup> El segundo fue aprender que las estructuras organizacionales para producir conocimiento tecnológico no se modifican en lo esencial de manera rápida. A pesar del cambio formal, prevaleció en la realidad la organización del IMP –como en los años anteriores, entre cuatro elementos de la investigación y desarrollo tecnológico de catalizadores: investigación básica, investigación aplicada, servicios para la investigación, servicios de catalizadores.

#### ***4.4.2 Aprendizaje tecnológico, investigación básica y aplicada y patentes***

El aprendizaje acumulado como conocimiento tecnológico útil por el IMP, se evidencia en su capacidad para replicar continuamente el patrón tecnológico de solución aprendido, cada vez que diseña uno de sus propios catalizadores para refinar combustibles del petróleo. Como hemos visto, este proceso de aprendizaje y acumulación de capacidades inició hace cuatro décadas. Primero con la implantación de la *disciplina científica de la Catálisis*. Luego, con la adquisición de capacidades de caracterización y evaluación de catalizadores a nivel laboratorio y planta piloto. Todos estos, los elementos necesarios para realizar investigación básica y aplicada dedicada a desarrollar tecnología de catalizadores. Este proceso

---

<sup>223</sup> Instaurada entre 2000 y 2003.

de aprendizaje tiene dos vertientes: 1) El ámbito doméstico donde sucede la invención de catalizadores que aplica el patrón de solución, desarrollado a partir de la imitación tecnológica de las empresas extranjeras. El IMP ajusta este patrón a las condiciones naturales, industriales y ambientales de México. 2) El proceso de la innovación industrial de los catalizadores se realiza en sociedad con empresas extranjeras.

Este estudio de caso ha permitido concretar el concepto de paradigma tecnológico –el de la química catalítica heterogénea-, característico de la industria mexicana de la refinación del petróleo en combustibles. Asimismo, las trayectorias tecnológicas de los catalizadores denotan la variedad de procesos productivos que componen el sistema productivo de las refinerías en México. Finalmente, la contribución principal de la innovación tecnológica de los catalizadores en la industria de la refinación de combustibles es que los procesos de refinación, las plantas industriales y los productos obtenidos pueden ajustarse de forma adecuada a las restricciones naturales del petróleo, ambientales de los combustibles y económicas del mercado. Realizando solo cambios pequeños o mejoras incrementales en los catalizadores y/o sus materiales constitutivos, se solucionan tecnológicamente problemas con los crudos alimentados, las plantas industriales instaladas, el costo de refinación y la protección del medio ambiente.

La red de innovación de catalizadores IMP en la industria mexicana de la refinación se organiza de la forma siguiente:<sup>225</sup> 1) El desarrollo de catalizadores del IMP para PEMEX Refinación se encuentra segmentado en dos partes: a) El diseño tecnológico se inventa en México; b) La compra de materiales catalíticos básicos para el diseño tecnológico, así como el escalamiento tecnológico al nivel industrial y la manufactura del catalizador, se realizan en el extranjero. 2) Las trayectorias

---

<sup>224</sup> Entre 1993 y 1999.

tecnológicas de catalizadores desarrolladas por el IMP se han generado a partir de una relación estrecha entre la empresas extranjeras y la investigación aplicada, mientras la vinculación organizacional entre la investigación básica y aplicada se ha debilitado. 3) El IMP ha ido incorporando las nuevas tecnologías a sus programas institucionales de investigación: simulación molecular, química combinatoria y biotecnología. Esto contribuye a ampliar las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico.

El crecimiento de la solicitud total de patentes de materiales catalíticos y catalizadores entre una etapa y otra del periodo –de 1972 a 2000–, indica una expansión de las actividades de investigación y desarrollo tecnológico en el Área de Catálisis durante los noventa. Sin embargo, este incremento fue con base en una inversión en recursos inventivos proporcionalmente mayor al incremento de las patentes. Es decir, la productividad inventiva presenta un rendimiento que en proporción decrece o se estanca en la mayor parte de las trayectorias de patentes del IMP. Hay tres casos de excepción: FCC, Medio ambiente e isomerización. La evidencia sobre patentes de la investigación básica indica un estancamiento relativo en el desarrollo de mejoras y nuevos elementos catalíticos. Sobre sale el debilitamiento de la capacidad para diseñar mejoras o nuevos materiales estratégicos –a partir de zeolita y alúmina– para catalizadores FCC y HDS. Los recursos inventivos para la investigación aplicada aumentaron y resultó en un incremento más elevado de las patentes. La investigación básica registra aumentos más bajos en inventores y patentes. Tres trayectorias concentran dos terceras partes de las patentes y los inventores: hidrotratamiento, reformación de nafta y FCC. (95 por ciento). Particularmente, los catalizadores FCC son la única trayectoria que registra un sobresaliente desempeño de su productividad inventiva, lo cual se

---

<sup>225</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998).

asocia con su dominio dentro de la cartera de catalizadores del IMP.

La evidencia revela cómo en el *Área de Catálisis* del IMP la forma de organizar la producción de conocimiento de catalizadores a través de procesos de investigación básica y aplicada, así como la innovación tecnológica de catalizadores constituyen un tema relevante de estudio para la economía de la innovación en México. Las capacidades tecnológicas desarrolladas en catalizadores son relevantes porque plantean patrones específicos de comportamiento de los agentes en los procesos de aprendizaje y producción de conocimiento tecnológico doméstico. Sin embargo, al comparar con las capacidades de empresas extranjeras, son relativamente limitadas. El patrón de solución de problemas aprendido para refinar combustibles mediante catalizadores en México por el *Área de Catálisis* del IMP se explica como una modalidad técnica efectiva y eficiente en lo económico que replica tecnología de tipo convencional.

Por otra parte, la negociación y las políticas que aplican los actores son efectivas porque apelan a cooperar en aras de encontrar satisfacción de sus intereses profesionales, no tanto porque así lo dice el manual de organización. La evidencia muestra como no necesariamente todos los que intervienen como inventores realizaron realmente esa función. Esto interpretado, significa que existen factores no tecnológicos necesarios para consumir una invención. En este caso, la gestión de las condiciones materiales y de laboratorio necesarias para la investigación básica. Lo que formalmente tendría que suceder sin contratiempos – los servicios de los laboratorios o los reactivos necesarios-, porque así se encuentra institucionalizado y organizado, no opera en la realidad bajo dicha racionalidad. La negociación y las políticas que aplican los actores son efectivas porque apelan a cooperar en aras de encontrar satisfacción de sus intereses profesionales, no tanto porque así lo dice el manual de organización. En el caso del aprendizaje

tecnológico logrado por la investigación aplicada la evidencia muestra que los agentes que impulsan los intereses de sus respectivas instituciones mediante políticas, emprenden la negociación de las condiciones materiales para que esta se pueda realmente efectuar. En la medida en que la negociación de los intereses de cada institución se transforma en contratos efectivos con acuerdos específicos, la relación proveedor usuario se profundiza entre los agentes de la innovación tecnológica.

#### ***4.4.3 Trayectorias tecnológicas y el Negocio de catalizadores***

Las trayectorias tecnológicas comercialmente preponderantes en la historia innovativa del *Área de Catálisis* en el IMP han sido los catalizadores de Hidrodesulfuración (1976-1987) y los de FCC (1988-2001). A partir de esta evidencia, puede afirmarse que en el *Área de Catálisis* del IMP tuvo lugar el proceso de innovación de catalizadores a partir del aprendizaje y generación de capacidades tecnológicas en dos etapas y varias fases. En la etapa inicial (1967 a 1992), se crearon y desarrollaron capacidades tecnológicas básicas para la innovación de catalizadores al seguir la estrategia de aprender primero sobre una sola tecnología, la más esencial (1967 a 1982). Luego diversificar las capacidades tecnológicas de innovación incremental –que es una estrategia que se trocó en multi tecnológica (1983 a 1992). Finalmente, vino una desaceleración del desarrollo de una diversidad de capacidades tecnológicas y se dio la especialización productiva (1993 a 2001).

A lo largo de la evolución tecnológica de los catalizadores hubo cambios en la formulación, tamaño y/o forma en función de las unidades industriales de PEMEX, haciéndolos más compatibles con el tipo de planta. El éxito comercial de

estos catalizadores del IMP, en comparación con los extranjeros, se ha fincado en los siguientes factores: i) Mayor nivel de desulfuración; ii) Menor severidad operativa; iii) Ahorro de energía; iv) Incremento de los ciclos de operación de plantas. La innovación de catalizadores del IMP tuvo cuatro tipos de resultados comerciales: De entre veintiocho catalizadores, menos de la cuarta parte (seis) fueron realmente exitosos y cuatro relativamente exitosos. Juntos concentraron la mayor parte de las regalías. Entre los restantes: un total de diez y siete catalizadores fueron marginalmente exitosos y uno sólo arrojó pérdidas. Es decir, la innovación se alcanza con dificultad, ya que solo pocas tecnologías realmente son exitosas.

Finalmente, se encontró que el negocio de catalizadores del IMP no es rentable. En efecto, los ingresos derivados de las regalías por transferencia de tecnología y de los servicios tecnológicos de catalizadores son insuficientes para cubrir el costo de la investigación –y su naturaleza implica inversiones y costos crecientes. Asimismo, son los servicios tecnológicos la fuente que aporta la mayor parte de los ingresos del Área de Catálisis del IMP. Esto es crítico en la medida que PEMEX ha retirado el financiamiento directo de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, obligando al IMP a financiarse utilizando la forma institucional del Centro Público de Investigación, que incluye la posibilidad de otras fuentes de financiamiento gubernamental o privado. Cabe señalar que los servicios de catalizadores que proporciona el IMP se diferencian cualitativamente de los demás servicios que ofrece a PEMEX, pues, se derivan de la existencia previa de actividades de investigación y desarrollo tecnológico en catalizadores. Por último, la incursión desafortunada del IMP en la industria de los catalizadores. Lo interesante de esta experiencia fallida es que el IMP experimentó el proceso de creación de una empresa filial en sociedad con empresas nacionales y extranjeras privadas. Con esta experiencia, amplió su aprendizaje de los negocios y las

alianzas. En este sentido, en términos de la estrategia futura del IMP, es claro que organizar la manufactura de catalizadores depende irremediabilmente de una alianza con empresas extranjeras.

## *Capítulo Cinco*

### *La producción de conocimiento tecnológico en el IMP, 1967-2003*

---

#### *Introducción*

El propósito de este capítulo es examinar cómo, en casos específicos de producción de conocimiento sucedidos en diferentes momentos o dimensiones del proceso histórico de la investigación tecnológica en el IMP, se entremezclan otros aspectos de carácter social y político. Esto significa que no siempre los proyectos de investigación elegidos son los más relevantes desde la perspectiva tecnológica. Se divide en dos secciones y al final se presentan los principales hallazgos. La *primera sección* expone como las tensiones entre agentes de la innovación tecnológica en México influyen en la política de producción del conocimiento. Se remonta a los principios del instituto mediante el relato de la experiencia de un ex funcionario científico del IMP. Discute las capacidades organizacionales y las capacidades tecnológicas iniciales del IMP. Finalmente, revela la dimensión política de la investigación pública en México. La *segunda sección* refiere al proceso social la producción de conocimiento tecnológico de catalizadores en el IMP. Discute como las tensiones entre los actores organizacionales se resuelven por la negociación a lo largo del proceso de producción de conocimiento. Revela mediante patentes como el proceso de inventar el catalizador se organiza en una red social de inventores. Incluye el relato de un caso ruptura entre funcionarios debido a diferencias en modalidades de invención tecnológica de catalizadores. También, formaliza el modo de producción de conocimiento mediante el uso de un “modelo de invención” y caracteriza los términos actuales del modo de producción de conocimiento tecnológico en el IMP.

## ***5.1 Tensiones y rupturas en la organización***

Esta sección expone las tensiones entre agentes y actores de la innovación tecnológica en México y como estas influyen en la política de producción del conocimiento. La primera parte relata a través de la experiencia de un ex funcionario científico del IMP las tensiones entre agentes institucionales que han influido sobre el limitado desarrollo de las capacidades tecnológicas y organizacionales del IMP. La segunda parte discute como están entrelazadas en el proceso de producción de conocimiento las tensiones entre los actores de la innovación tecnológica dentro del IMP, esto es, entre inventores y gerentes.

### ***5.1.1 Tensiones y política de producción de conocimiento, 1967-1974***

Este primer apartado tiene por finalidad revelar un caso en el cual la economía de la investigación tecnológica propia del IMP se encontró con el obstáculo de la política tecnológica de PEMEX. Contiene cuatro partes. En la *primera* se inicia el relato de un ex funcionario científico del IMP. La *segunda* señala cuales eran –en la fundación del IMP, las capacidades organizacionales consideradas necesarias para realizar investigación tecnológica. La *tercera* caracteriza las capacidades tecnológicas adquiridas en el sector petrolero mexicano. La *cuarta* esclarece como en este caso la dimensión de lo político influyó negativamente –utilizando un causal de tipo económico, en un proceso de investigación y desarrollo tecnológico del sector petrolero.

### A. El relato de un ex funcionario científico del IMP

Las instituciones y organizaciones dedicadas a la investigación y desarrollo tecnológico suponen que los investigadores y funcionarios deciden y seleccionan tecnologías en función de lo “técnico, científico y/o económico”. Lo supuestamente “objetivo”. En apariencia, no tendría porque existir otros criterios que no fueran la eficacia y la eficiencia técnica y económica. Sin embargo, existen otros factores que obstaculizan o avanza el desarrollo de la tecnología. En efecto, los intereses y el poder entre actores de la organización y/o agentes institucionales son expresados en negociaciones y políticas que afectan o favorecen la creación y comercialización de tecnología.

Uno de los contados escritos que abordan la temática política en el financiamiento de la ciencia y la tecnología en el sector petrolero de México es el libro de *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana*<sup>1</sup> elaborado por Leopoldo García-Colín Scherer (1989).<sup>2</sup>

---

Cuadro 5.1a  
*El relato de un ex funcionario científico del IMP*

<p>...este libro lo detuvieron diez años, nunca salió a la venta. Ahora lo vende el Colegio Nacional, pues compró la edición. Se consigue en la librería del Colegio y en las librerías Porrúa. ¿Sabe quién fue el autor intelectual de este libro? Carlos Montemayor, el escritor. Él era el secretario del Colegio Nacional en esa época. Un día me dice: –Oiga doctor, porque no escribe todo lo del IMP. Le digo, – No, para qué voy a escribir, son cosas de política y son muy desagradables. –No, no, no. Usted tiene que dejar un testimonio de todo eso.</p>
---

---

<sup>1</sup> El libro es un conjunto de conferencias impartidas y artículos publicados entre 1969 y 1983. Se encuentran prologadas y reunidos en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana*. Ver García-Colín (1989).

<sup>2</sup> Caben, además, los siguientes señalamientos, pues esta parte del capítulo no está escrita como las demás. En este texto se incorporan dos técnicas. La primera es presentar las ideas centrales de García-Colín Scherer en términos de citas textuales (*cursivas*) de su libro (1989). La segunda expone un texto asociado a los planteamientos del libro y que fue extraído de su relato personal. Para ello se utiliza un Cuadro por partes (*Cuadro 5.1: El relato de un ex funcionario científico del IMP*), construido a partir de la entrevista realizada a dicho autor en Junio 25, 2003, UAM Iztapalapa; Ver Soria y García-Colín, (2003).

Y me hizo compilar todo esto y escribí la introducción, pero con una condición.  
Le dije,  
–De lo que yo escriba no le cambian una sola coma, ¡ni una sola coma!

Dos cuestiones son relevantes de este libro. La primera es cómo, desde entonces, se han señalado muy claramente problemáticas que perduran agravadas hasta la actualidad. La segunda es que el autor –un químico doctorado en física, revela –en un lenguaje parvo y espontáneo, una experiencia política como funcionario científico durante los primeros años del IMP. En opinión de dicho autor, el desarrollo de tecnología por el IMP no es un mero proceso económico. Depende también, de la compleja política y los términos de la relación con PEMEX –el agente institucional de mayor influencia en el sector público mexicano. En este sentido, la historia del IMP no puede abordarse aislada, sino que debe incluir siempre el permanente vínculo institucional, económico y político existente con PEMEX.<sup>3</sup>

---

*Cuadro 5.1b*  
*El relato de un ex funcionario científico del IMP*

El problema es PEMEX. Porque, finalmente: ¿Quién va a ser el comprador de eso? Pues PEMEX.  
¿Quién firma los contratos con las empresas extranjeras? PEMEX  
¿Quién se lleva el 10 por ciento por contratos con Grace Davison, Engelhard, etc.? Funcionarios de PEMEX.  
¿Cree que le van a dar manga ancha al IMP?  
Yo no les creo.  
En mi época se quiso poner en práctica el artículo primero del Decreto que definía la creación del IMP: se dedicará a hacer investigación básica y aplicada en beneficio de Petróleos Mexicanos. Simplemente, PEMEX no lo aceptó.

---

<sup>3</sup> Como veremos –en otro caso más adelante, cuando el vínculo se debilita la actividad del IMP se desorienta. Cuando el vínculo es estrecho –como en el caso del negocio de los catalizadores entre 1993 y 1997, las innovaciones se concretan en las refinadoras de PEMEX. Sin embargo, ese vínculo sólo se puede establecer si hay “voluntad política” por parte de PEMEX –la mayor empresa de México tanto por sus ingresos como por sus deudas.

Ahora bien, debe aclararse que no se considera a este relato como “única verdad” de un hecho histórico. Más bien, se utiliza como un medio para reconstruir, desde una perspectiva nutrida por la experiencia organizacional de un “ex funcionario científico”, la problemática política que posibilita o no el avance en el desarrollo tecnológico del IMP. En este sentido, en los diversos textos que componen dicho libro, el autor establece una serie de tesis, propuestas o líneas de investigación relevantes para los estudios sociales sobre la ciencia y la tecnología – en este caso México, y que es sólo una de entre diferentes perspectivas de análisis que habitan en los estudios organizacionales.

### ***B. Las capacidades organizacionales del IMP***

Las capacidades organizacionales refieren a la habilidad de la organización para ordenar de manera determinada la cooperación humana, dados ciertos objetivos y condiciones materiales. Este caso es sobre la cooperación organizacional para producir conocimiento científico y tecnológico para la industria del petróleo.<sup>4</sup> En el IMP tres han sido los tipos de capacidades organizacionales que se caracterizaron por fallas de tipo estructural al momento de su gestación y durante el inicio de su actividad dentro del sector petrolero mexicano.

a) En la fundación del IMP falló la planeación.

*“...se cometió aquí un error muy común en países latinoamericanos, esto es, no se programó con suficiente anticipación la preparación de un grupo de científicos y técnicos que en una forma bien planificada pudiesen iniciar eficientemente las labores...”<sup>5</sup> Es, sin embargo, posible extraer una conclusión definitiva y que contiene lo que...es una de las fallas más grandes,... la planeación existente sobre la ciencia en Latinoamérica.”<sup>6</sup>*

---

<sup>4</sup> Ver Gibbons et al. (1994); Lundvall et al. (2001).

<sup>5</sup> Ver García-Colín (1970).

<sup>6</sup> Ibid.

Cuadro 5.1c  
*El relato de un ex funcionario científico del IMP*

...el IMP se crea en 1965 y nombran director a Javier Barros Sierra. Antes del año él es llamado para ocupar la Rectoría de la UNAM. Deja el puesto a Antonio Dovalí Jaimes, quien por razones enteramente circunstanciales –como suele pasar aquí en México, era el padre de dos grandes amigos míos. Teníamos como amistad común a un ex compañero de la Escuela Médico Militar –José Luis Alcázar, quien era buen amigo mío y médico de Dovalí. Cuando lo nombran director del IMP –según cuenta mi amigo Alcázar, al encontrarse un día ambos, Dovalí le dijo que tenía un “problema”. Lo habían nombrado director del IMP y no sabía sobre las actividades de investigación científica aplicada a petróleos. El doctor Alcázar le propuso –allí esta el “Científico” Leopoldo García Colín, por que no lo llama usted para conversar. Entonces, Dovalí me habló por teléfono y así entré al IMP (febrero de 1967).

En efecto, no se realizó previamente un plan para formar los recursos humanos que habrían de integrar el núcleo organizador de la investigación científica básica y aplicada del IMP. Es decir, primero se abrió el hueco institucional para la investigación y desarrollo tecnológico. Luego se introdujeron los servicios tecnológicos y sus respectivos funcionarios provenientes de PEMEX. Y al final comenzó a organizarse sobre la marcha cotidiana la investigación y desarrollo tecnológico en el IMP. Ésta nació entonces con una clara desventaja organizacional frente a los servicios tecnológicos que estaban dirigidos por ex funcionarios y ex ingenieros de PEMEX –sin habilidades o experiencia en la investigación.

b) Es necesario identificar los problemas nacionales de investigación relevantes.

*“En efecto, existen ciertas áreas de las ciencias básicas que se encuentran completamente vírgenes en nuestros medios y en las cuales descansan fundamentalmente posibles desarrollos de ciencias aplicadas y tecnologías nacionales.”<sup>7</sup> Mucho se ha dicho... sobre el papel que ha jugado el científico mexicano en la evolución del país en el presente siglo. Se ha considerado un objeto de lujo encerrado en una torre de marfil realizando una serie de actividades*

---

<sup>7</sup> Ibid.

*creativas totalmente divorciadas de los problemas nacionales. He de advertir que estos problemas nacionales...jamás se han identificado claramente. Y cuando se han intentado hacer, como en el caso de la industria petrolera...las llamadas han incidido en ojos ciegos y oídos sordos.”<sup>8</sup>*

---

*Cuadro 5.1d  
El relato de un ex funcionario científico del IMP*

Dovalí me indicó que hacer: revisar una lista como de cuarenta problemas a resolver en PEMEX. Todos, eran de resolverse con receta de cocina. Menos uno, que era, ¿cómo podemos utilizar el etileno –que PEMEX producía en cantidades exorbitantes, para hacer una materia prima costeable? Es que del etileno se obtiene butileno y de ahí otro material que es la materia prima para fabricar hule. Pero la síntesis de este material a partir del etileno era entonces un reto universal, todo el mundo estaba trabajando en eso. Ese era el único –realmente, problema de investigación que planteaba un reto científico.

En ese momento sí me cayó el “veinte”: –estos no tienen ni la más remota idea, ni de lo que es investigación básica, ni lo que es investigación aplicada. Y peor, ni PEMEX sabe que es lo que quiere. Ni a corto, mediano o largo plazo.

Me tomó un año, más o menos, comprender cuales eran los problemas de investigación que existían en PEMEX, que se derivaban de las instalaciones de PEMEX y que se podrían abordar en el IMP.

En este sentido, la pregunta sistemática, desde la creación en el IMP, es saber: ¿en que campos científicos y tecnológicos se ha invertido y en cuáles debe invertirse el presupuesto actual y futuro de investigación? En las actividades de investigación y desarrollo tecnológico siempre es necesario comenzar por definir en concreto cuáles y por qué determinados proyectos sí tendrán financiamiento. Esto en sí, conlleva una carga política.

c) Inexistencia de recursos humanos e infraestructura especializados

*“...analizar si México cuenta con la infraestructura técnica y científica adecuada para afrontar una consecuente demanda de creación de tecnologías con objeto de disminuir nuestra dependencia...”<sup>9</sup> La tesis fundamental esgrimida... puede condensarse... cómo en un país potencialmente creador de tecnologías dentro de sus posibilidades materiales, humanas y económicas, el panorama del país es sombrío. ...no tenemos la infraestructura para crear nuevas tecnologías.”<sup>10</sup>*

---

<sup>8</sup> Ver García-Colín (1989).

<sup>9</sup> Ver García-Colín (1979).

<sup>10</sup> Ibid.

Cuadro 5.1e  
*El relato de un ex funcionario científico del IMP*

Antes de entrar al IMP estuve en Puebla y allí había un grupo de química muy bueno. El químico más brillante de ese grupo que sabía de catálisis era un brasileño: Joaquim Ferreira Fihlo. Lo invite a unirse al IMP para dirigir un *Grupo de Catálisis*. Eso fue en 1968.

Al año de estar allí me dije: -¡Ah!, viene Ferreira, aquí vamos a hacer un *Grupo de Catálisis* de primera. Entonces, cuando iniciamos el *Grupo de Catálisis*, Ferreira fue el pivote de la formación de una serie de gentes jóvenes. Y de allí salieron todos los grupos que ahora están en el IMP y aquí en la UAM Iztapalapa. Se formó un grupo de primera.

En el inicio, los funcionarios del IMP estábamos clasificados en dos tipos: los de PEMEX y los “de la calle”. Los de la calle éramos casi todos los de la *Subdirección Científica Aplicada* y había uno que otro de la calle en otras Subdirecciones.

La mayor parte del personal de las demás Subdirecciones era gente que había estado en PEMEX que en realidad no querían por asuntos políticos. El IMP era la “Siberia” de PEMEX. Te ibas de PEMEX con todo tu sueldo, tus prestaciones. Inclusive, el sueldo era tabulado y ellos contaban con un nivel privilegiado.

A nosotros no nos pagaban como les pagaban a los de PEMEX. Ni teníamos las prestaciones de la gente que venía de PEMEX. Todos los subdirectores en ese entonces, todos eran de PEMEX menos yo, así que era siempre la voz discordante ahí en el IMP.

Obviamente, al fundarse el IMP, una de las mayores faltas eran los recursos humanos especializados –hoy denominado capital humano, tanto al nivel científico y tecnológico como en el administrativo y directivo. Por ello el IMP emprendió la formación de sus propios recursos humanos en programas del extranjero. Ciertamente ha logrado un avance sustancial en este ámbito. Sin embargo, a pesar de ello, casi cuatro décadas después, en términos de su proporción en la estructura actual de la organización, los investigadores científicos y tecnológicos con posgrado del IMP siguen representando la minoría,<sup>11</sup> mientras la mayor parte del personal del IMP son ingenieros y técnicos en el área de los servicios tecnológicos proporcionados a PEMEX.

---

<sup>11</sup> Al respecto cabe señalar que en la actualidad, la apretada situación financiera del sector público en México se ha expresado en el IMP con la renuncia voluntaria y/o el despido de personal con doctorado y experiencia por la falta de proyectos de investigación relevantes y con financiamiento.

### C. Capacidades tecnológicas

Desde la fundación de la investigación en el IMP, la estrategia tecnológica seguida fue aprender imitando la tecnología transferida del exterior hacia PEMEX.

*“... el terreno de la adaptación, mantenimiento y operación de tecnologías asociadas con procesos conocidos, PEMEX y el IMP ya han obtenido experiencia suficiente para operar la industria sobre estas bases.<sup>12</sup> En nuestro medio sería preferible formar cuadros sólidos de expertos en estas áreas con objeto de optimizar la compra de tecnologías, su adaptación y actualización, que realizar inversiones muy costosas y quizás estériles... que tuviesen como objetivo final desarrollar tecnologías propias.”<sup>13</sup>*

*Cuadro 5.1f  
El relato de un exfuncionario científico del IMP*

En el Grupo de Catálisis tuvimos invitados a tres doctores franceses y uno se quedó en México. Él dio la pauta en la investigación básica para uno de los mejores catalizadores cuyo destino –a pesar de la patente del IMP, al parecer, fue ser transmitido ilegalmente a la transnacional UOP. El secreto de esa patente no era tanto el catalizador, sino la malla de soporte. Y la malla de soporte era óxido de aluminio. El óxido de aluminio se conocía científicamente sólo en tres fases: alfa, beta, gama; dependiendo de la forma en que están ordenados los átomos de aluminio en la matriz con moléculas de agua. Pero, en sus investigaciones en el IMP el francés descubrió también una cuarta fase, que denominamos la fase Delta. Esa fase nos permitió desarrollar catalizadores HDS de alta efectividad.

En ese entonces, algunos de quienes están ahora aquí en la UAM Iztapalapa, empezamos a realizar estudios de datos de procesos químicos. El entonces director del IMP nos dio manga ancha para trabajar en eso. Cuando uno tiene una planta industrial, un proceso petroquímico o un químico en general, lo que se hace es tratar de optimizar el proceso con base en los datos de diseño que se tienen. Entonces, eran cosas muy difíciles de calcular. Nos costó del orden de los \$10,000 dólares el paquete de cómputo de esos procesos. Al IMP se lo vendía la empresa estadounidense UOP en 100,000 dólares. ¿Qué hicieron con nuestro paquete cuando se los llevamos? Lo agarraron y lo tiraron a la basura.

Otro ejemplo, es el de los catalizadores para convertidores catalíticos de los automóviles. Nosotros encontramos un catalizador que costaba 40 dólares. Mientras, PEMEX usaba uno que costaba 400. En cuanto hicimos esto se dio la orden en PEMEX de que nuestro proyecto se cancelara.

Una vez, con otro de mis colegas, le dijimos a un ingeniero de la Refinería de Azcapotzalco, –danos unos lotes de ese catalizador gastado, le sacamos el platino, y entonces cuando llegue el nuevo catalizador, se paga con barritas de platino y no con basura. Nos dijo, –

12 Ver García-Colín (1979).

13 Ver García-Colín (1989).

eso no se puede hacer, son “mafufadas”. Nos dieron el catalizador. A los 3 ó 4 meses el Dr. Campero llegó a mi oficina y me dijo, –aquí está el platino, podemos hacer un proceso, primero en planta piloto, le sacamos el platino a la basura y el resto se vende como basura y se paga con el platino. ¿Nos aceptaron ese proyecto? Pues no, claro que no. PEMEX siempre se opuso.

Yo tuve confrontaciones con Reyes Heróles, cuando él ya era director de PEMEX.

Una fue cuando planteamos sintetizar proteínas del petróleo para alimentos de aves de corral. Cuando lo planteé en una Junta Directiva, Reyes Heróles, dijo: –eso no se hace aquí en México, esas son tonterías, vamos a esperarnos a que lo hagan los franceses o los ingleses y luego se los compramos. Así se expresó.

Otra fue cuando pedimos dinero a PEMEX para hacer la planta piloto de los catalizadores de HDS. En ese entonces una planta piloto costaba uno o dos millones de pesos. Era lo que se gastaban en una parranda la punta de piratas del sindicato y funcionarios de PEMEX en Las Vegas en un fin de semana. Nos dijo que no, que eso no tenía sentido, que esperaríamos.

En fin, de los 90 proyectos que manejé en mis 7 años en el IMP, sólo seis o siete tuvieron éxito industrial y deben haber producido regalías. Quizás con un poco de apoyo y de visión todo eso se pudiera haber incrementado.

Los catalizadores fueron la primera tecnología nacional *efectiva* desarrollada para la industria petrolera por el IMP. La estrategia ha consistido en adaptar y actualizar tecnología extranjera –en sociedad con las empresas extranjeras, a la planta nacional. Este aprendizaje ha derivado en capacidades tecnológicas para el diseño de catalizadores comerciales en el *Área de Catálisis* del IMP. A pesar del carácter primario de estas actividades respecto de otras en las empresas extranjeras del resto del mundo, lo anterior tiene un valor inestimable en un país donde este tipo de experiencias escasean. Sin embargo, como se observa, en este proceso de producción de conocimiento tecnológico se hay conflictos y tensiones entre los actores y agentes de la innovación que detienen el avance de tecnologías domésticas.

#### ***D. La dimensión política de la investigación pública sobre energía en México***

En efecto, tal como lo muestran esas tensiones y conflictos entre actores, la problemática *política* está profundamente enraizada en la relación del IMP con

PEMEX. Refiere a como, por una parte, ellos *negocian* las acciones de investigación y desarrollo tecnológico. Aunque, por la otra, también pueden destruir o limitar el desarrollo de capacidades de investigación tecnológica debido a desacuerdos. En este sentido se traslucen dos hipótesis para la investigación social sobre la ciencia y tecnología.

a) La contradicción entre lo que difunden los funcionarios y lo registrado por las estadísticas oficiales del IMP o PEMEX.

*“La tesis principal ...sigue siendo vigente, alrededor de la enorme contradicción que existe entre lo que la prensa ...presenta al público en cuanto a la supuesta autosuficiencia tecnológica que el sector oficial clama haber alcanzado en algunas industrias, la petrolera entre ellas, y los números fríos y objetivos que las propias esferas oficiales publican ...”*<sup>14</sup>

La contradicción entre el discurso de los funcionarios y lo realmente realizado ejemplifica una de las interpretaciones que puede hacerse de la hipótesis del *isomorfismo institucional*.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup> Ver García-Colín (1989).

<sup>15</sup> Ver Dimaggio y Powell (1991). Una vez instaurado el cambio formal de la organización el primer efecto no es que cambien en la realidad todos los elementos llamados a hacerlo, sino que, la organización primero se legitima y sólo después puede que sí cambie realmente.

Cuadro 5.1g  
El relato de un ex funcionario científico del IMP

La relación con PEMEX fue muy extraña en la medida en que se guardaban mucho las jerarquías. Entonces, uno no podía contactarse en PEMEX con gente que tuviera una jerarquía superior a la que uno tenía en el IMP. Eso lo hacía el Consejo Directivo.

Para poder realizar algún proyecto uno tenía que hacer gestiones a través del Consejo Directivo cuyo Director era el Director de PEMEX.

Pero, saltándose esas barreras, había ciertos contactos personales, por ejemplo con el Ing. Héctor Lara Sosa –quien fue el único funcionario en todo Petróleos Mexicanos que vio con simpatía la labor del IMP. Él tenía un rango muy superior al mío en PEMEX.

Todos los que obtuvimos alguna información de cómo dirigir la investigación en el IMP sobre problemas importantes para PEMEX vino de esta relación, un poco oscura y oculta entre nosotros. La información importante no vino del Consejo Directivo.

En efecto, *Exploración y Explotación* nos cerraron las puertas. Era muy simple, eran mafias. Era una mafia muy bien organizada y muy sólida y no entraba nadie. Esos nos cerraron las puertas: -aquí ustedes no se metan.

Quedaban *Refinación y Petroquímica*. La primera incursión de la Subdirección de Investigación Científica Aplicada del IMP fue en *Refinación*. La gran intuición de Héctor Lara Sosa nos permitió medio meter las narices en *Refinación*. Así, pudimos entrever cuáles eran algunas de las necesidades de Petróleos Mexicanos.

En petroquímica nunca nos dejaron meter las manos. Jamás, se pudo aprobar un proyecto de petroquímica bajo mi gestión. Yo sabía y les decía –la mayor rentabilidad está en petroquímica, es donde está el pan...

En ese momento, la petroquímica en todo el mundo –que por cierto dependía en un 100 por ciento de la catálisis, estaba pasando de ser un arte a ser una ciencia. Entonces, las posibilidades de éxito en ese momento, para hacer procesos petroquímicos de alto valor comercial, era casi la misma que tenía cualquier país en el mundo. Quizás no teníamos nosotros toda la infraestructura científica, pero ciertas posibilidades para resolver los problemas allí estaban.

Al fundarse el IMP en 1965, tuvo lugar una innovación institucional y organizacional en México. Recientemente, cambió el marco institucional del IMP y tuvo lugar una innovación organizacional. Sin embargo, después de casi cuatro décadas en el devenir de este proceso de investigación y desarrollo tecnológico han existido más obstáculos que impulsos para avanzar –a pesar de los discursos de los funcionarios y políticos en sentido contrario. Esto se constata al ver que el IMP continua siendo, al igual que al momento de su fundación, una organización orientada preponderantemente a los servicios tecnológicos. Sólo los catalizadores

sobresalen como una capacidad tecnológica acumulada y desarrollada para diseñarlos comercialmente. El gobierno y la sociedad consideran al IMP como el “brazo tecnológico” de PEMEX. Así aparece en la imagen pública que ayudan a construir los medios de comunicación que difunden trozos de los discursos de los funcionarios respectivos. En este sentido, al no distinguir entre los Servicios y la Investigación Tecnológica, se legitima la acción del Gobierno Federal, del CONACYT y de PEMEX, como instituciones que supuestamente apoyan completamente el desarrollo de tecnología en México.

b) La destrucción de capacidades nacionales de investigación tecnológica.

*“Durante los años de 1968 a 1973 se consolidó en la Subdirección de Investigación Científica Aplicada del IMP,... el grupo de investigación más numeroso y productivo que hasta 1974, haya existido en el seno de una institución directamente asociada con una industria nacional de transformación. Destruir es... más fácil que construir. Es mucho más fácil de llevar a cabo cuando se aplica a un grupo de investigación. Basta con retirar los fondos... Se llegó a una situación tal que en un momento dado al investigador se le insinuó que su trabajo, en el mejor de los casos, era un buen trabajo de gabinete, pero que no se utilizaría para la construcción de plantas piloto, ni la fabricación comercial de catalizadores, que se haría bajo convenios con empresas extranjeras,... que ni PEMEX ni el IMP tenían el menor interés en promover y mucho menos mantener a ese grupo en su seno. Es lamentable ver que después de casi veinte años no sólo no hemos progresado a lo largo de estas líneas, sino que la brecha tecnológica que nos separa con los países avanzados, aún en los campos de la ciencia como la Catálisis, que en México nació en el IMP como una necesidad vital, se ha ensanchado considerablemente (9). Otro ejemplo similar fue el ahora Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares...”<sup>16</sup>*

---

<sup>16</sup> Ver García-Colín (1989).

*Cuadro 5.1h*  
*El relato de un ex funcionario científico del IMP*

En esos siete años del IMP nosotros invertimos el 90 por ciento del presupuesto en investigación aplicada enfocada a tener un beneficio para procesos que pudiera utilizar PEMEX. El 10 por ciento restante era para la infraestructura requerida.

¿Qué hicieron para destruir el grupo? No utilizaron la violencia, ni los halcones, nada de eso: nos cortaron el presupuesto.

Cuando fui a ver a mi amigo y vecino Dovalí Jaimes, él ya era director en PEMEX, le dije –mira ingeniero, el presupuesto por investigador son \$3000 al año y para abril ya se lo gastaron. Ya compraron sustancias, refacciones, etcétera. ¿Qué quiere que haga?, ¿milagros?. La investigación aplicada cuesta dinero. No tiene remedio, no es una investigación de pizarrón. No es una investigación de gastos de viáticos. Se necesitan medios físicos, es una investigación difícil, requiere modelación, simulación, plantas piloto, prueba y error, datos, estadísticas, etcétera. Con el dinero que nos dan no lo podemos hacer. ¿Qué hacemos?

Me contestó: –No, es que PEMEX está muy mal, que la crisis, que no sé que ... siempre hay cuentos de esos.

Entonces, para qué estar trabajando en un lugar donde nos cortan el presupuesto y nos impiden investigar temas. Donde no podemos publicar ni podemos dar a conocer nuestros resultados y el trabajo que hacemos no les importa.

Y me fui. Entonces nos venimos para acá, muchos se vinieron a la UAM Iztapalapa (en 1974).

Como puede observarse en este caso, en el extremo de la política tecnológica de cualquier organización esta siempre la necesidad o posibilidad de destruir ciertas capacidades de investigación tecnológica que por alguna razón ya no son requeridas. En el caso del IMP la ruptura en el seno de sus capacidades de investigación tecnológica tuvo como desencadenante la problemática económica de PEMEX (1974). En ese momento de la historia la política de desarrollo tecnológico propio del IMP chocó con la política de transferir del exterior la tecnología a PEMEX. Con esto, el problema ya no era tanto la economía como la necesidad de negociar los intereses de actores y agentes involucrados institucionalmente. En realidad, la política tecnológica de PEMEX de transferirla del exterior ha generado una serie de intereses entre sus funcionarios y los del Sindicato y de las empresas transnacionales, quienes en el fondo no aprueban el desarrollo tecnológico propio en la industria del petróleo, pues compite directamente con o pone en entredicho el

negocio de la importación. Solo en el caso de los catalizadores se remontó esta contradicción, lo que no se logró en otros ámbitos de la industria del petróleo – como la exploración, explotación o petroquímica. Así, las dos políticas que chocaron –la económica y la tecnológica, eventualmente se negociaron en el caso de los catalizadores. En efecto, en la actualidad, un catalizador lo diseña tecnológicamente el IMP, lo manufactura la empresa extranjera y PEMEX lo importa.

### ***5.1.2 Red social de invención, negociación y ruptura en la organización***

Este caso revela como el proceso de inventar el diseño tecnológico del catalizador se organiza mediante en una red social expresada en patentes. Estas permiten definir a los *Inventores* más productivos, quienes constituyen el *núcleo* tecnológico del *Área de Catálisis*. Dichas patentes se caracterizan porque participan inventores que también han sido o son *Gerentes* en el *Área de Catálisis*. Se divide en tres apartados. El primero analiza la red social de invención expresada en términos de los principales rasgos del “núcleo” de inventores con mayor productividad de patentes. El segundo expone como una ruptura entre gerentes del *Área de Catálisis* expresa en realidad, como a los grupos de inventores que dirigen y administran, los mueven dos diferentes modalidades de invención de catalizadores: una desde la investigación básica y otra a partir de investigación aplicada. El tercero muestra como toma lugar la negociación entre actores de la invención tecnológica.

### ***A. La red social de invención expresada en patentes***

Este relato se construyó con base en las entrevistas aplicadas a una parte de los inventores con más patentes en el Área de Catálisis del IMP.<sup>17</sup> Así como, utilizando también a las estadísticas de patentes generadas de la Base de Datos construida ex profeso a partir de datos del Departamento de Patentes del IMP, 1967-2000. En el caso de los catalizadores hemos visto que las patentes son un indicador adecuado para el análisis, debido a que representan con relativa precisión las trayectorias tecnológicas en que ha incursionado el IMP al producir conocimiento tecnológico. Metodológicamente, la evidencia que se presentará en esta parte del capítulo cuarto es un producto híbrido: las entrevistas a los inventores y funcionarios son evidencia cualitativa y la base de patentes es un indicador cuantitativo y documental de la calidad tecnológica de la invención –y de la participación de determinados actores registrados como inventores.

En este apartado se analiza la red social de invención expresada en términos de patentes sobre materiales catalíticos y catalizadores del Área de Catálisis – registradas como solicitud entre 1972 y 2000.<sup>18</sup> Tiene dos apartados. El primero ilustra los principales rasgos de la red social de invención. El segundo relata el caso de una ruptura entre gerentes y el predominio de una modalidad de inventar en el Área de Catálisis a principios de los noventa (1991). La expresión gráfica de la evidencia que relaciona a los actores,<sup>19</sup> se construyó contando y distinguiendo a todos los inventores en cada una de las patentes sobre catalizadores y materiales catalíticos del IMP –solicitudes registradas entre 1972 y 2000. Esta evidencia junto con la procedente de entrevistas –realizadas entre 2001 y 2003, se presenta luego

---

<sup>17</sup> Cinco de los catorce inventores de la lista en el Cuadro 5.2 fueron entrevistados: el 1, 2, 3, 10 y 11.

<sup>18</sup> Ver Diagrama 5.1 y Cuadro 5.2.

<sup>19</sup> Ver Diagrama 5.1.

en términos de la institución y actividad actuales de cada inventor y en dos generaciones dentro del *Área de Catálisis*.<sup>20</sup> Están ordenados por sus participaciones porcentuales en patentes entre 1972-1986 –boom petrolero, crisis y transición, y 1987-2000 –la apertura comercial. Los principales rasgos de esta red social de inventores del *Área de Catálisis* son los que siguen.

*a) Forma de ordenar la actividad de inventar*

Los porcentajes de patentes –entre una mitad y otra del periodo 1972-2000, muestran un sensible incremento de los recursos humanos canalizados a tareas inventivas durante la apertura comercial de los noventa.<sup>21</sup> La red de relaciones se deriva de ordenar la actividad de los inventores en grupos de trabajo, casi siempre diferentes en términos de los inventores participantes.<sup>22</sup> Es decir –a lo largo de las tres últimas décadas, no existen grupos idénticos para hacer las distintas patentes, pues, cambian sus integrantes. Sin embargo, sí existe un grupo predominante de inventores que registra diferencias en su productividad inventiva con los demás.

*b) Productividad inventiva*

La selección de los inventores de la muestra se compone de quienes han participado en más de nueve patentes –es decir 1.6 por ciento del total.<sup>23</sup> Con esto, solo catorce de los inventores –el 8 por ciento del total de estos, participaron en el 35 por ciento de todas las patentes solicitadas. Mientras los 152 inventores restantes –el 92 por ciento del total, participan en el 65 por ciento de las patentes. Es decir que estos últimos –en promedio, han participado sólo en una o dos patentes. El

---

<sup>20</sup> Ver Diagrama 5.1.

<sup>21</sup> Ver Cuadro 5.2.

<sup>22</sup> Si bien existen patentes generadas por inventores individuales, representan una porción marginal del total. En efecto, el grueso de las patentes del IMP las generan grupos de dos o más inventores –tres ha sido el promedio histórico del IMP.

<sup>23</sup> Ver Cuadro 5.2.

grupo de inventores seleccionado bajo el criterio de la productividad inventiva constituye el *núcleo* de las capacidades del Área de Catálisis del IMP para inventar diseños tecnológicos de catalizadores para PEMEX Refinación.<sup>24</sup>

*c) Posición en la estructura formal*

Los actores de este grupo de alta productividad inventiva se distinguen por ser gerentes y/o inventores.<sup>25</sup> En efecto, cuatro casos registran inventores quienes son o fueron también *Gerentes* en el Área de Catálisis (Inventores 1, 2 y 3). En nueve casos los actores actuaron como inventores –aunque esto no cancela que hayan asumido cargos como jefes o coordinadores de proyectos de investigación tecnológica concretos. Finalmente, después de tres décadas y media, la mayor parte de los actores de este *núcleo de invención* del Área de Catálisis permanecen en el IMP –es decir, nueve de los actores de la muestra. Entre los cinco quienes han emigrado a otras instituciones a principios de los noventa –después de una larga trayectoria en el IMP, dos inventores se incorporaron como investigadores en la ESIQIE del IPN y uno más fundó su propia empresa.

*d) Cantidad e intensidad de las relaciones*

Los *Gerentes-Inventores* actúan como agentes de la innovación al establecer relaciones más o menos extensas e intensas con los demás inventores de este núcleo<sup>26</sup> –quienes actúan a su vez como jefes de proyectos de investigación concretos. Destacan por el número de sus relaciones los Gerentes y/o Inventores 1, 2, 10, 6 y 7. Y por la intensidad de sus relaciones los Gerentes y/o Inventores 1, 2,

---

<sup>24</sup> Ver Diagrama 5.1.

<sup>25</sup> Ver Cuadro 5.2, Diagrama 5.1.

<sup>26</sup> Ver Diagrama 5.1.

3, 8, 11 y 7. Sin embargo, las más extensas e intensas son de los Gerentes Inventores 1, 2 y 7.

El *Gerente Inventor 1* destaca entre todos, ya que se relaciona con 9 inventores distintos y participa con ellos en 41 patentes. Le sigue el *Gerente Inventor 2*, quien se relaciona con 7 inventores distintos y participa con ellos en 21 patentes. Por su parte, el *Fundador Gerente Inventor 7* se relaciona con 5 inventores distintos y participa con ellos en 11 patentes. Finalmente, se observa que el *Fundador Gerente Inventor 9* tiene débiles vinculaciones con este grupo de alta productividad. Estos agentes constituyen las “moléculas maestras” del *núcleo* de alta productividad inventiva del Área de Catálisis del IMP. Por su parte, el *Gerente Inventor 3* si bien tiene relaciones poco extensas, destaca por la intensidad de su relación en términos de patentes con el *Gerente Inventor 1*.

### ***B. Relato de una ruptura en el Área de Catálisis del IMP***

Aquí se expone la trayectoria organizacional, una ruptura y el papel jugado por gerentes seleccionados del *Área de Catálisis* que constituyen el grupo primordial del *núcleo* de alta productividad inventiva. Mediante su actividad han impulsado e implantado una determinada *modalidad de inventar* los diseños tecnológicos de catalizadores.<sup>27</sup>

#### *a) Gerente Inventor 9*

Como ya sabemos, el fundador de la disciplina de la catálisis y la investigación básica en el IMP fue el *Gerente Inventor 9* (1968), dentro de la

---

<sup>27</sup> Ver Diagrama 5.2.

*Subdirección Científica Aplicada*.<sup>28</sup> Regresó a su país de origen a investigar para la compañía petrolera estatal a principios de los ochenta (1983). En la historia de la investigación en el IMP se le considera la “molécula maestra” de la faceta científica aplicada del *núcleo* de alta productividad inventiva del Área de Catálisis. Aunque, sus relaciones con los otros inventores del *núcleo* –medidas en patentes, no son las más extensas o intensas.<sup>29</sup>

b) *Gerente Inventor 7*

Otro fundador fue el *Gerente Inventor 7*, quien contribuyó decisivamente a la actividad tecnológica de catalizadores, dentro de la *Subdirección de Tecnología de Refinación y Petroquímica* (1966), –aunque, con un énfasis en la investigación aplicada. Este actor aparece como inventor en la primera patente registrada por el IMP en México.<sup>30</sup> Actuó como un agente institucional al promover las innovaciones de catalizadores a partir de que se incorporó a la *Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico* de PEMEX Refinación, a finales de los ochenta –se retiró hacia fines de los noventa. Esto permitió establecer una relación proveedor usuario estrecha, desde finales de los ochenta y durante los noventa, entre PEMEX Refinación y la investigación aplicada del *Área de Catálisis* del IMP. El resultado fue la ampliación en las ventas de catalizadores IMP.

---

<sup>28</sup> Ver Cuadro 5.2.

<sup>29</sup> Ver Diagrama 5.2.

<sup>30</sup> Título: AGENTES DESHIDRATANTES ACEITES CRUDOS PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCION DE AGENTES DESHIDRATANTES DE ACEITES CRUDOS. Grupo de Inventores: Jorge de Landa Siliceo, Fernando Manzanilla Sevilla, Oliverio Moreno Lamonte. Estado Institucional: Dominio Público. Subdirección: Tecnología de Refinación y Petroquímica. Fecha: Solicitud: Diciembre 5, 1967; Concesión: Julio 29, 1970; Caducidad: Diciembre 5, 1982. Número IMP: 1; Solicitud: 100315; Concesión: 103408.

c) *Gerente Inventor 2*

El *Gerente Inventor 2*<sup>31</sup> se incorporó al *Área de Catálisis* como becario para hacer la tesis y terminar la licenciatura al final de los sesenta (1969). Fue contratado al año siguiente (de 1970 hasta 1973), justo cuando empezaban a desarrollarse los catalizadores de hidrotratamiento y los convertidores catalíticos. Entró al seno del grupo fundador de la catálisis y los catalizadores: es decir, con Ferreira y su grupo de Puebla, junto con García Colín. El IMP le otorgó una beca para realizar estudios de posgrado en el extranjero –entre 1973 y 1977, formándose como investigador a nivel doctorado en Francia. Durante los ochenta (1983), fue nombrado *Gerente de Catálisis y Materiales* en la *Subdirección de Investigación Básica de Procesos*. A su cargo estaba –entre 1983 y 1993, la investigación básica en el *Departamento de Síntesis y Evaluación*, así como los *Laboratorios del Área de Catálisis* –de Rayos X, EPR, Adsorción, Esca/Auger y Microscopía. Actualmente, es *Ejecutivo de Competencia* –uno de los nuevos puestos dentro de la nueva estructura formal, y participa en el *Programa de Medio Ambiente*. Asimismo, ha intervenido en más de dos docenas de patentes y escrito diversos artículos, así como varios libros. Principalmente, en torno a su especialidad en el *Área de Catálisis*, que son las zeolitas –uno de los materiales de soporte junto con la alúmina, utilizados para fabricar catalizadores de mayor venta del IMP, los de FCC. A partir de la evidencia se interpreta que el desarrollo profesional y la actividad de este investigador, inventor y gerente con posgrado se encuentra inscrita en un modelo de innovación de catalizadores con base en la investigación básica caracterizada por desarrollar materiales catalíticos.

---

<sup>31</sup> Ver Diagrama 5.2.

d) *Gerente-Inventor 1*

El *Gerente-Inventor 1* es el agente con más participaciones en patentes sobre catalizadores del IMP.<sup>32</sup> Ingresó a la *Subdirección de Refinación y Petroquímica* del IMP en la segunda mitad de los setenta<sup>33</sup> (1977) como investigador de nivel inicial en el área de refinación. Bajo las órdenes del Fundador-Gerente-Inventor 7, en ese entonces, Jefe de la División de Procesos de Refinación.<sup>34</sup> Al final de la década de los setenta fue nombrado gerente –uno de los más jóvenes en el IMP.<sup>35</sup> Es ingeniero químico egresado de la ESIQIE del IPN y cuenta con una maestría en administración. Ha escrito algunos artículos que giran en torno a su especialidad – el negocio de los catalizadores en México. Fue designado al cargo de la *Gerencia de Catalizadores* –cuando se integró organizacionalmente el negocio de catalizadores, a inicio de los noventa (1991). Actualmente, sólo es *Gerente de Atención a Clientes* y ejecutivo de cuenta clásica de los catalizadores del IMP<sup>36</sup> –a la par que en la nueva estructura formal de organización, los componentes del negocio de los catalizadores han sido dispersados. Cuando ingresó, empezaba en el Instituto a existir una inquietud fuerte por colocar productos en el mercado. La idea fue impulsado en ese momento por el *Fundador-Gerente-Inventor 7 (supra)* y el subdirector de *Refinación y Petroquímica* de ese entonces (1977). Tenían un gran interés por desarrollar y vender catalizadores. Fue así como empezó la relación con

---

<sup>32</sup> Ver Cuadro 5.2; Diagrama 5.2.

<sup>33</sup> Gerente Inventor 1 afirma en entrevista: “Soy egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas del Instituto Politécnico Nacional. Tengo el título de ingeniero químico. Cuando salí de la escuela vine a pedir información. Me encontré con el ingeniero J. Alberto Celestinos quien recién comenzaba cómo subdirector de Refinación y Petroquímica. Le dije que quería trabajar.”

<sup>34</sup> Ver Cuadro 5.2; Diagrama 5.2.

<sup>35</sup> Cuando el Jefe de un Departamento tuvo problemas con su jefe, el Gerente-Inventor 7 -esto fue en 1979, a los 2 años de entrar al IMP- no pudo seguir. “Casualmente, me pusieron a mí como Jefe, pues, entonces tuve de repente a mi cargo todo lo relacionado del Departamento de Hidrotratamiento del Petróleo.”

<sup>36</sup> Exacto, ahora tengo una nueva encomienda adicional a la Gerencia de atender a clientes, que es la de Ejecutivo de Cuenta Clásica. Es una situación de gestoría referente a tratar de facilitar que todos los contratos que se tienen con PEMEX Refinación y con las áreas de producción marchen adecuadamente. Se necesita alguien que esté evaluando las inconformidades del cliente. Si surgen oportunidades, canalizarlas adecuadamente con las personas correspondientes.

las diferentes compañías que fabricaban catalizadores. En un principio la estrategia principal era empezar a consolidar al IMP como abastecedor de PEMEX a través de empresas extranjeras.<sup>37</sup> Así, se interpreta de la evidencia que la actividad de investigación y gestión de este actor se encuentra asociado al modelo de innovación tecnológica basado en la investigación aplicada y la relación con las empresas extranjeras.

*e) Gerente Inventor 3*

El *Gerente Inventor 3* ingresó al IMP como estudiante becado directamente por PEMEX (1979) y actualmente tiene grado de maestría. Fue contratado dentro del *Área de Catálisis* en los ochenta, primero como auxiliar de investigador y luego como investigador (1982). Ascendió hasta el puesto de Jefe o Coordinador de Proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico –una especie de subgerencia tecnológica en el *Área de Catálisis* en términos prácticos. Actualmente, trabaja para PEMEX, pues dejó el IMP con el inicio del milenio. Su relación en términos de patentes es muy intensa con el Gerente Inventor 1, pues, fungió como un enlace con la actividad innovativa de diversos grupos de inventores jóvenes en el segmento de la investigación aplicada.<sup>38</sup> La principal tarea de un coordinador de proyectos es administrar el conocimiento tecnológico de los inventores y dirigir los resultados de la investigación hacia resultados técnicamente

---

<sup>37</sup> “A partir de entonces me involucre en tratar de sustituir el catalizador IMP-DSD-1D, por otro, que no fuera tan caro. Me tocó estar trabajando en el estudio de diferentes soportes alternos. Finalmente un soporte de la compañía Kaiser fue elegido y luego fue otra compañía -United Catalysts. Ellos nos fabricaron el catalizador IMP-DSD-1-K que tuvo un éxito enorme. Entonces los catalizadores eran esféricos y los catalizadores esféricos tenían limitaciones en cuanto a su actividad, porque una partícula esférica tiene mayor resistencia a la difusión de las moléculas al interior de la pastilla. Lo cual le resta actividad comparado con un catalizador extruido. Sin embargo PEMEX no quería meterse con los extruidos. Había un tabú en relación a que producía una caída de expresión muy alta y que además se tapaban los sitios catalíticos. Entonces, nos tocó crear la cultura correspondiente de estudiar soportes que pudieran ser aplicables para esos fines. Entonces sacamos el catalizador IMP-DSD-3 que inmediatamente desplazó al catalizador IMP-DSD-1-K. Como es de características extruidas, con un perfil trilobular, totalmente nuevo en esos tiempos, causó furor.”

<sup>38</sup> Ver Cuadro 5.2; Diagrama 5.2.

innovadores. En este contexto, la interacción con los técnicos que atienden las plantas piloto es otra de sus tareas cruciales.

*f) La ruptura entre gerentes y la predominancia de una modalidad de inventar*

Cuando se decidió integrar el *Negocio de los Catalizadores* del IMP a principios de los noventa (1993), dos eran los posibles candidatos a ocupar el cargo de *Gerente*:

- i) El *Gerente Inventor 2*, quien provenía de *Investigación Básica de Procesos*, dedicado al estudio y el diseño de materiales catalíticos (zeolitas, alúminas, etc.) orientados a refinar crudo de petróleo mexicano.<sup>39</sup>
- ii) El *Gerente Inventor 1* quien procedía de *Refinación y Petroquímica* y desempeñaba una gestión con base en un modelo de innovación tecnológica a partir de la investigación aplicada relacionada directamente con empresas extranjeras.<sup>40</sup>

Al cambiar la estructura formal de organización que dio origen a la *Gerencia de Catalizadores* (1993), el *Gerente Inventor 1* fue designado a cargo. La ruptura dentro del Área de Catálisis consistió en que el *Gerente Inventor 2* emigró hacia otro espacio dentro del IMP. Conservando el nivel de gerente, quedó fuera de la actividad tecnológica que caracterizó su formación y su desarrollo profesional en el IMP –hasta ese momento. Con él emigraron algunos o salieron al extranjero otros investigadores del segmento de la investigación básica especializado en zeolitas y otros materiales. Es decir, esta ruptura tuvo el efecto de destruir ciertos grupos de

---

<sup>39</sup> Ver Diagrama 5.2. Era Gerente de investigación básica en la parte de catálisis. Sentía en ese momento como que ya no había más que hacer porque el tenía el sartén por el mango y grandes cosas que hacer. La última contribución que hice fue algo que luego resultó que se usa aquí en FCC. Luego cayó en las garras del Gerente en turno. Entonces, me dieron una Gerencia que se llamaba Transformación de Energéticos, básicamente un grupo de combustión., lo que esta allá en laboratorios de grupo. Entonces era estudiar motores de combustión interna.

<sup>40</sup> Ver Diagrama 5.2.

investigación básica con una significativa trayectoria organizacional y profesional. La evidencia de patentes –hemos visto, indica una sensible disminución en el registro de solicitudes en torno a dichos materiales.

Como hemos visto –en términos del patrón tecnológico, sólo mediante investigación básica es posible generar innovación tecnológica de calidad. Esta consiste en catalizadores cada vez más aptos para transformar “ecológicamente” los crudos del petróleo –especialmente, el pesado crudo maya mexicano. Por el contrario, el diseño tecnológico de catalizadores sólo desde la investigación aplicada, arroja catalizadores convencionales con mejoras incrementales mínimas, que si bien inciden en la baja de los costos de operación del catalizador, en el largo plazo no se modifican sustancialmente la capacidad y calidad de la refinación. Desde inicios de los noventa, el *Gerente Inventor 1* quedó al cargo, tanto de la *Investigación Básica* como la *Investigación Aplicada* y el *Desarrollo Tecnológico*. Además de los *Servicios Tecnológicos* de catalizadores para PEMEX y los servicios para la investigación básica y aplicada de los *Laboratorios de Catálisis* y las *Plantas Piloto*. Mediante el cambio organizacional se fusionaron en una sola Gerencia los dos componentes del *Área de Catálisis* característicos desde la fundación del IMP –la investigación básica con la aplicada. Esto nunca había sucedido antes y entrañó un gran poder dentro de la organización. Así, al interior, fue posible para el *Gerente Inventor 1* establecer relaciones de invención tanto con grupos de la investigación básica como aplicada, a través de inventores determinados.<sup>41</sup> Sin embargo, sus relaciones fueron más extensas e intensas con agentes clave –el *Fundador Gerente Inventor 7*, y con los diferentes grupos de invención del segmento de investigación aplicada –especialmente a través del *Gerente Inventor 3*. En el exterior, el anterior arreglo organizacional posibilitó una

---

<sup>41</sup> Ver Diagrama 5.2.

estrecha relación con PEMEX y las empresas extranjeras a través del *Fundador-Gerente-Inventor 7*.

En conclusión, el resultado de esto fue un proceso con dos efectos. En primer lugar, fue posible que la “modalidad por vía externa” predominara en las actividades de la investigación tecnológica de catalizadores. Ya hemos visto como las patentes y negocio de catalizadores se expandieron durante los noventa dentro del mercado de PEMEX Refinación. El *Gerente Inventor 1* ha sido el agente que promovió un modo de invención basado en diseños tecnológicos a partir de materiales comerciales para desarrollar el catalizador. En segundo lugar, este dominio provocó al interior del *Área de Catálisis* un debilitamiento en la vinculación de la investigación aplicada con el segmento de la investigación básica. Con esto los catalizadores del IMP comenzaron a incorporar cada vez más diseños tecnológicos comerciales del material de soporte, en vez de diseños tecnológicos propios del *Área de Catálisis*. Sin embargo, este resultado es paradójico. En efecto, para varios de los investigadores encuestados, los mejores catalizadores del IMP en HDS y FCC están asociados a la investigación básica de zeolitas y alúminas acumulada a lo largo de los años en el segmento de la investigación básica. La paradoja estriba en que tendiendo los recursos humanos, materiales y el conocimiento acumulado, no sea sistemática la investigación básica en torno a los principales materiales catalíticos. En este sentido, se plantea un debilitamiento de las capacidades de investigación básica. En efecto, entre el principio de los ochenta y los noventa, dos agentes clave de las actividades de investigación básica –el *Fundador Gerente Inventor 9* y el *Gerente Inventor 2*, emigraron del *Área de Catálisis*, con lo cual se dispersaron los grupos de investigación que dirigían.

### ***C. La negociación entre actores de la invención tecnológica***

A través de la evidencia generada mediante entrevista en el Área de Catálisis IMP, sabemos que no todos los *Inventores* de estas patentes juegan el mismo papel, sino que algunos representan funciones gerenciales para la innovación. Aquí se averigua porque los diferentes actores de la invención tecnológica –quienes tienen intereses diversos y despliegan políticas, negocian entre sí. En efecto, ¿todos los invitados a las patentes antes expuestas tienen un lugar ganado científica o tecnológicamente? ¿Por qué si en términos de Ley los participantes tecnológicos formales de las patentes son sólo los *Inventores*, han participado algunos *Gerentes* en funciones; qué significa esto?

La tarea crucial de los inventores es crear diseños tecnológicos innovadores a través de rutinas de experimentación y pruebas a escala. La mayor parte de las patentes del *Área de Catálisis* están pobladas con este tipo de actores. La función del ejecutivo o gerente es convencer a todos los miembros de la organización o del área, de que cooperar para alcanzar determinado objetivo rinde satisfacciones. Los *Gerentes* del IMP, desde sus puestos de poder, tienen la posibilidad de incorporarse a las patentes –sea mediante una negociación o debido a la imposición. El caso más representativo es el *Gerente Inventor I*<sup>42</sup> quien ha participado en más patentes que cualquier inventor del IMP y casi cualquier inventor en México –excepto Fausto Celorio Mendoza, el mayor inventor individual mexicano a la fecha.<sup>43</sup> Registra 40 participaciones en patentes de grupo solicitadas por el IMP ante el IMPI. Con este bagaje de patentes fue postulado por el IMP e integrado al Sistema Nacional de

---

<sup>42</sup> Ver Cuadro 5.2.

<sup>43</sup> Ver Soria (2000).

Investigadores (SNI) como Tecnólogo –que lo es, sobretodo en el sentido gerencial, comercial y de negocios.<sup>44</sup>

Los intereses y políticas desplegados por los otros actores de la organización y por los agentes institucionales de la innovación, convierten la función que han jugado éste y otros gerentes<sup>45</sup> en un proceso de negociar para impulsar y dirigir los inventos hacia procesos innovativos. Por ejemplo negociar: la prueba industrial con PEMEX Refinación frente a la presión productiva del mercado interno; la selección y adquisición de los materiales catalíticos necesarios para diseñar el catalizador; la manufactura del catalizador con el socio tecnológico. Están también las necesarias negociaciones al interior del IMP. Tanto a nivel directivo como en el ámbito de los investigadores –quienes realmente inventan la tecnología que se registra en las patentes. Entonces, la mayor (o menor) habilidad gerencial de los *Gerentes* para negociar los intereses del *Área de Catálisis* frente a los intereses y políticas de los demás agentes de la innovación –como altos funcionarios al interior del IMP, con PEMEX y el Socio tecnológico, le dará –en proporción, mayor (o menor) posibilidad a una tecnología de ser patentada en el IMPI, evaluada en una planta de PEMEX y aplicada con éxito en la industria de la refinación. Los inventores saben lo anterior. Saben que la aplicación industrial de la tecnología depende no solamente de factores tecnológicos. Para despejar el camino al proceso de invención, desarrollo y aplicación tecnológica, ciertos factores políticos y del poder dentro de las instituciones deben ser resueltos por negociaciones. En este

---

<sup>44</sup> Ver Barnard (1938). Para la continua existencia de una organización se necesitan tanto efectividad como eficiencia; entre más larga la vida, más necesarias ambas. La vitalidad de las organizaciones descansa en la voluntad de los individuos para contribuir con fuerzas al sistema cooperativo. La voluntad requiere de creer que el propósito se puede lograr. La fe disminuye al punto de desaparecer cuando parece que no se ha de lograr el propósito. Por lo tanto, cuando cesa la efectividad, la voluntad de contribuir desaparece. La voluntad continua de los individuos depende de las satisfacciones que les son aseguradas en el proceso de ir logrando el propósito. Si las satisfacciones no exceden los sacrificios requeridos, la voluntad desaparece. La condición de una organización es de ineficiencia. Si las satisfacciones exceden los sacrificios, la voluntad persiste, y la condición de de la organización es la eficiencia.

<sup>45</sup> Ver Cuadro 5.2; Diagrama 5.1.

razonamiento, el probable beneficio para un inventor al incluir a un gerente con dicha habilidad es que la tecnología patentada se comercialice.

Por otra parte, el IMP maneja a través de los gerentes respectivos un negocio de catalizadores dentro de una institución pública. Si bien puede canalizar sus excedentes hacia un fideicomiso para financiar la investigación, no mantiene un esquema de reparto de eventuales beneficios entre el personal que participa en la innovación tecnológica. Como es característico de las empresas privadas. Más bien, las patentes se incluyen en las solicitudes de apoyo gubernamental a los investigadores y tecnólogos nacionales. Para los *Inventores* dentro del IMP, las patentes siempre se han inscrito en la dinámica del esquema de incentivos estructurado al igual que en las universidades públicas de México. Entonces, los catalizadores son un negocio que tienen que operar cada vez más bajo las reglas de mercado. Sin embargo, se encuentra inserto en una institución pública de investigación –que mantiene un esquema salarial y de incentivos del tipo de las universidades públicas y no de las empresas privadas. En este contexto, dentro del IMP las patentes se utilizan como un elemento de los investigadores y funcionarios para obtener una retribución adicional, por vía de los estímulos internos de la organización y/o los del Sistema Nacional de Investigadores.<sup>46</sup>

---

<sup>46</sup> Al parecer –por el comportamiento desplegado por los actores en este caso, esta tarea necesita estímulos, pues, en realidad, en una perspectiva industrial de largo plazo se le puede considerar un “negocio naciente y en gestación” en México. En este caso, las gestiones realizadas por los Gerentes-Inventores del Área de Catálisis han contribuido a dirigir y organizar un “negocio”, contribución que en perspectiva económica, necesariamente, implica una retribución adicional al salario.

## ***5.2 Producción de conocimiento del ámbito individual y grupal al organizacional e institucional***

El propósito de esta sección es analizar la problemática de la innovación tecnológica en los distintos ámbitos de su dimensión social. Contempla tres partes. La primera se desenvuelve en el ámbito de los grupos –definidos por patentes de invención, dentro de los cuales cooperan los actores individuales, es decir, inventores y gerentes. Formaliza su actividad tecnológica mediante el uso de un “modelo de invención”, con dos modalidades posibles de operación de la investigación tecnológica de catalizadores en el IMP. La segunda analiza en el ámbito organizacional esta relación entre los inventores de grupos de investigación básica y aplicada que se encuentra debilitada y opera bajo la modalidad por vía externa de producción de conocimiento tecnológico. La tercera sitúa al *Área de Catálisis* dentro del campo inter organizacional e institucional donde el IMP despliega sus estrategias como organización que produce conocimiento tecnológico.

### ***5.2.1 El ámbito intraorganizacional: Modalidades de invención de catalizadores en el Área de Catálisis del IMP***

El conocimiento tecnológico no sólo se construye “técnica y económicamente”. También, a través de redes sociales de conocimiento entre individuos, quienes ejercen determinadas políticas de interés y manipulan y transforman materiales heterogéneos en innovaciones tecnológicas que les otorgan cierto poder.<sup>47</sup> Finalmente, el modo de organizar la producción del conocimiento va cambiando conforme evolucionan una serie de factores:<sup>48</sup> i) la economía de la

---

<sup>47</sup> Ver Berger y Luchman (1971); Law (1994, 1997); Latour y Woolgar (1982); Latour (1984).

<sup>48</sup> Ver Gibbons et al. (1997); Law (1994).

innovación tecnológica, ii) los intercambios y cooperación entre todas las disciplinas científicas y tecnológicas; ii) las formas organizacionales y las instituciones, iii) los mecanismos para definir la calidad y pertinencia social de las innovaciones tecnológicas generadas. En adición, un nuevo modo de producción de conocimiento plantea la idea del contexto aplicación. Esto es, todos aquellos elementos organizados e institucionalizados que intervienen en la aplicación práctica a la realidad de determinado conocimiento tecnológico, en este caso sobre catalizadores en México.

En la práctica, es en el decurso del proceso de invención dentro del *Área de Catálisis* del IMP donde se produce el conocimiento tecnológico que finalmente será aplicado en el contexto de PEMEX Refinación.<sup>49</sup> En la industria mexicana de refinación de combustibles del petróleo la invención se centra en la mejora incremental de los catalizadores que activan procesos catalíticos de refinación – FCC, HDS, Reformación, etc. En efecto, a partir de la evidencia ya vertida, se desprende que al nivel de los *grupos de invención básica y aplicada* los inventores crean y desarrollan el diseño tecnológico del IMP. Por su parte, la evidencia de la sección anterior indica que existen al menos dos “*modalidades*” posibles de producir conocimiento tecnológico sobre catalizadores.

El objetivo de este apartado es formalizar estas modalidades de invención en términos de un modelo cognitivo en el ámbito intra organizacional de los individuos ordenados en grupos:<sup>50</sup> i) por vía interna, es decir, asociada a la investigación básica, ii) o por vía externa, esto es, asociada con la investigación aplicada.

---

<sup>49</sup> Ver Diagrama 5.6.

<sup>50</sup> Ver Diagrama 5.3.

### ***A. Un modelo cognitivo del proceso de invención***

Cada una de estas modalidades describen cómo actúan “tecnológicamente” los individuos dentro de los grupos de investigación básica y aplicada en el IMP: conforme una determinada manera de organizar el acto mismo de *inventar*<sup>51</sup> y considerando dos tipos de conocimiento, el *tácito* y el *explícito*<sup>52</sup>. La forma de ordenar la producción de conocimiento tecnológico al innovar implica, no sólo a la economía, sino también, determinados intereses y políticas de los actores involucrados.

### ***B. Modalidad por Vía Interna***

La *Modalidad por Vía Interna* consiste en seleccionar el material de soporte del catalizador con base en el conocimiento o diseño propio fruto de la investigación básica propia. Esta modalidad se encuentra orientada en función del conocimiento *tácito*.<sup>53</sup> La compra y transferencia desde el exterior de materiales catalíticos para el diseño tecnológico del *Área de Catálisis* es indispensable porque no cuenta México con un mercado de materiales o una industria para fabricar catalizadores. Por el contrario, la importancia de esta modalidad estriba, entonces,

---

<sup>51</sup> Ver Carlson y Gorman (1990). A partir del estudio de notas de laboratorio y otros materiales de Thomas Alva Edison sobre el proceso de invención de las primeras películas de cine, se interpreta a la invención como un proceso cognitivo. Aplican el análisis interpretativo a la narración de Edison sobre el desarrollo del cinescopio. El siguiente, es un marco interpretativo que permite comprender los procesos cognitivos, mentales, del inventor. La invención es un proceso en que un sujeto manipula: i) tanto un artefacto conceptual (un modelo mental), ii) como un conjunto de artefactos físicos (representaciones mecánicas), iii) para poder crear (inventar) un nuevo objeto. La heurística la constituyen los procedimientos y estrategias mediante los cuales los inventores generan y manipulan representaciones mentales y mecánicas.

<sup>52</sup> Ver Polanyi (1966); Nonaka y Takeuchi (1995). En esta interpretación del proceso cognitivo de inventar catalizadores en el IMP, el conocimiento *tácito* representa la posibilidad de creación doméstica de tecnología. Por su parte, el conocimiento *explícito* trae la carga acumulada de la experiencia tecnológica de la empresa extranjera –con más de un siglo de innovaciones menores y mayores en los catalizadores–, y con la cual se asocia tecnológicamente el *Área de Catálisis* del IMP.

<sup>53</sup> Ver Diagrama 5.3.

en la posibilidad de saber más y con mayor certeza sobre qué tipo de materiales catalíticos comprar o maquilar en el extranjero para transformar crudos del petróleo cada vez más pesados –como los del subsuelo del Golfo de México en Campeche. El proceso de aprendizaje subyacente en esta modalidad produce conocimiento tecnológico en términos de mejoras incrementales menores y podría llegar a producir mejoras mayores.

### ***C. Modalidad por Vía Externa***

La *Modalidad por Vía Externa* ha predominado en la historia del *Área de Catálisis*, pero sobre todo, durante los noventa, cuando se estrechó organizacional y financieramente la relación con PEMEX Refinación a través de la GIDT-PEMEX. Se encuentra orientada en función del conocimiento explícito que se compra y transfiere desde el exterior en los materiales de las empresas extranjeras.<sup>54</sup> Esta modalidad ha consistido en seleccionar entre los materiales convencionales –ofrecidos comercialmente en el mercado o por el socio tecnológico–, el soporte catalítico del catalizador. El proceso de aprendizaje subyacente en esta modalidad produce conocimiento tecnológico convencional, en términos de una mejora incremental menor en el catalizador. La principal mejora de los catalizadores<sup>55</sup> diseñados hasta la fecha por el IMP a través de esta modalidad ha consistido en aumentar continua e incrementalmente la actividad, selectividad y estabilidad del catalizador en el reactor de la planta industrial de PEMEX Refinación.

---

<sup>54</sup> Ver Diagrama 5.3.

<sup>55</sup> El impacto en la producción –de las mejoras tecnológicas del catalizador–, se mide por la disminución: i) en el gasto de combustible para la planta, ii) de las “caídas” en la estabilidad de la reacción catalítica, y, iii) en la temperatura o presión que alcanza el reactor para determinado proceso catalítico; iii) asimismo, incluye medir la capacidad del catalizador para separar contaminantes y otros elementos no deseados en el producto final.

### **5.2.2 El ámbito organizacional: La producción de conocimiento tecnológico por el IMP**

En esta parte el objetivo es retomar el anterior modelo cognitivo de invención en el que actúan los individuos organizados en grupos, para situar su actividad ahora en el ámbito organizacional.<sup>56</sup>

#### **A. El cambio organizacional y su impacto sobre la producción de conocimiento**

La forma original de la estructura organizacional del IMP, así como sus continuos cambios formales tuvieron una importante influencia sobre su capacidad para producir conocimiento tecnológico. En efecto, inicialmente (1967 a 1974), la estructura organizacional se fundó con dos grandes bloques de actividad: *Servicios* e *Investigación*. Los primeros estuvieron constituidos por tres segmentos principales: Los *Servicios Técnicos y Tecnológicos*, la *Ingeniería de Proyecto* y la *Capacitación*. La *Investigación* a su vez se estableció principalmente en el Área de Catálisis y los Catalizadores en dos segmentos de actividad: *Básica* y *Aplicada*. Así, desde un inicio el IMP tuvo como actividad preponderante a los *Servicios*. Mientras, la *Investigación* se estableció en una sola disciplina y lentamente, con menos recursos humanos y financieros. Este periodo inicial terminó en una ruptura en la actividad de recursos humanos especializados de la *Investigación* y en la estructura de mando del IMP (1974). En efecto, el grupo nuclear de la *Investigación Científica y Tecnológica* en el IMP acabó por emigrar a otras instituciones del campo organizacional –hacia el sistema universitario–, en las que la *Investigación* fuese la actividad principal.

Posterior a esta primera ruptura entre los actores de la investigación

---

<sup>56</sup> Ver Diagrama 5.6.

tecnológica dentro del IMP (1973) y durante las dos décadas siguientes, la producción de conocimiento tecnológico en el IMP se concentró en el Área de Catálisis y los catalizadores. Vino un largo periodo (1975 a 1992), durante el cual se consolidaron algunos elementos negativos para la producción de conocimiento tecnológico derivados de la forma de la organización original. El principal fue que los *Servicios* continuaron manteniendo la mayor importancia, para fincar su ritmo de crecimiento absorbieron la mayor parte del personal contratado, así como del gasto realizado por PEMEX y el IMP. A su vez, fue también durante este largo periodo que a partir del desarrollo de sus segmentos de investigación básica y aplicada, se desarrollaron las actuales capacidades tecnológicas del Área de Catálisis y los Catalizadores. Fue, entonces, cuando esta actividad profundizó el proceso por el cual se convirtió en el centro de la actividad de investigación científica y tecnológica del IMP. Sin embargo, esta evolución fue relativamente eficaz, ya que tampoco se estableció una mayor o más estrecha vinculación organizacional en términos científicos y tecnológicos entre la investigación básica y aplicada.

Después de este largo proceso de crecimiento desde finales de los setenta, se volvió a innovar la estructura formal de organización del IMP y del Área de Catálisis hace una década (1993). Cambió la estructura formal de organización del IMP reordenando la actividad del IMP al sintetizar en cuatro componentes esenciales toda la estructura formal del IMP –*Servicios, Ingeniería, Capacitación e Investigación*. El Área de Catálisis se reorganizó en una sola Gerencia integrada por la investigación básica y aplicada, así como de los servicios de catalizadores, las plantas piloto y los laboratorios de catálisis. Con este cambio se gestó organizacionalmente al componente que daría la base interna para desarrollar a su vez el Negocio de Catalizadores del IMP con PEMEX Refinación y los Socios

Tecnológicos. Sin embargo, durante este lapso y a pesar de la integración en la estructura de organización formal, tampoco se resolvió el problema de la débil vinculación organizacional entre la investigación básica y aplicada. Inclusive, durante esta etapa de la gestión en el IMP y en el *Área de Catálisis*, aumentó dicha debilidad conforme se consolidó el modelo de investigación tecnológica por vía externa.

En el actual milenio (2000), el IMP nuevamente innovó su estructura formal de organización, con el objetivo de aumentar la cantidad y calidad de su producción de conocimiento tecnológico, modificándola sensiblemente. Su efecto principal sobre el *Área de Catálisis* fue separar la unidad de mando de sus diferentes componentes. La investigación básica quedó bajo un mando y la aplicada bajo otro. Asimismo, la comercialización y los servicios de catalizadores y los servicios de planta piloto y laboratorios, quedaron bajo diferentes unidades de mando. Este efecto se ha convertido en otro obstáculo para cerrar exitosamente el ciclo de los procesos de producción de conocimiento tecnológico emanados de diferentes proyectos de investigación. También y a pesar de estas modificaciones –como se ha visto, los Servicios continúan siendo hasta la actualidad la actividad de mayor importancia en la economía del IMP. Con esto, las capacidades de producción de conocimiento actuales del IMP se limitan a la frontera de catalizadores convencionales. Por su parte, la industria del petróleo en México ha reconfigurado casi todas las refinerías y sus plantas de procesos, por lo cual, demanda catalizadores con mejoras tecnológicas más allá de lo convencional.

Finalmente, al interior del IMP los acontecimientos recientes (2003-2004) indican problemas con el financiamiento de proyectos de Investigación y pérdida de trayectorias de invención –por ejemplo, petroquímica. Al parecer por ello los actuales investigadores del IMP han estado buscando su incorporación a proyectos

de Servicios Tecnológicos –abandonando así proyectos de Investigación Básica y Aplicada.<sup>57</sup> Información emanada de los diferentes actores y agentes del campo de la energía indica que se han cancelando en el último año diversos proyectos de investigación en diferentes institutos de investigación bajo el argumento de su “falta de rentabilidad” y ante el desinterés de PEMEX y CFE. En el caso del IMP, para constatarlo basta con consultar el Sistema Integral de Información (SAP), el cual registra toda actividad de los actores. Estos hechos y los narrados en el capitulado previo indican que la actual política tecnológica del Gobierno Federal y los cuadros directivos del IMP en el campo público de la investigación y desarrollo tecnológico esta orientada más por el criterio de mercado que por el de tipo institucional. A pesar de ello, no han logrado estas políticas demostrar que un criterio de gobernabilidad de mercado en las decisiones sobre la investigación y desarrollo tecnológico de carácter público sea más eficaz y socialmente deseable. En comparación con un criterio institucional orientado a desarrollar selectivamente capacidades tecnológicas domésticas a través de la selección de proyectos relevantes de investigación básica y aplicada.

Entonces, se pone a debate la cuestión en torno al mecanismo de gobernabilidad de la producción de conocimiento derivado de la innovación institucional y organizacional del IMP: i) ¿Los proyectos de investigación básica y aplicada deben alcanzar el criterio de mercado para ser considerados como investigación relevante? ¿O debe prevalecer un criterio institucional en el que el

---

<sup>57</sup> En efecto, desde principios del 2004 el IMP mantiene abierto el Programa de Renuncia Voluntaria, así como la revisión puntual de las recontrataciones de investigadores, especialmente aquellos con posgrado asociados a proyectos de investigación básica. En notas periodísticas recientes (Agosto, 2004, Reforma y La Jornada), algunos investigadores con nivel de posgrado informan que ya no han sido recontratados por el IMP bajo el argumento de que no hay recursos suficientes para la investigación. Asimismo, hacia el interior, algunos investigadores han emigrado hacia áreas de servicios y abandonado las de investigación. En efecto, informantes calificados dentro del IMP afirman que el Sistema de Información Integral del IMP (SAP) no registra aumentos significativos del número de proyectos de investigación o de sus resultados. Más, bien, aseguran que muchos proyectos de investigación tecnológica en el IMP se han visto truncados por serios problemas de financiamiento por parte de su fuente principal de ingresos: PEMEX.

gobierno considera que ciertos proyectos son relevantes para las capacidades tecnológicas nacionales, independientemente de su impacto directo e inmediato en el mercado? ¿Cómo afectó el cambio institucional y organizacional a la capacidad del IMP para realmente producir conocimiento? ¿Cómo afectó este cambio a la vinculación entre investigación básica y aplicada de catalizadores: Aumentó o disminuyó la debilidad del vínculo?

***B. La organización de la innovación tecnológica de catalizadores: el caso del IMP versus las empresas extranjeras***

La *Catálisis y los catalizadores* son la actividad preponderante del IMP en materia de producción de conocimiento tecnológico. Además, dado que la innovación tecnológica en el IMP no se comprende sin la participación de la empresa extranjera, para evaluar el desarrollo de sus capacidades de producción tecnológica, se comparan con el modelo de organización de la innovación de catalizadores de empresas extranjeras.<sup>58</sup> En efecto, la innovación de los catalizadores comienza con la *investigación básica*. En las empresas extranjeras los resultados de esta actividad alimentan al *mercado de materiales catalíticos*. Estos, a su vez, son la base de los desarrollos tecnológicos realizados por la *investigación aplicada*. Cada desarrollo de nuevos diseños tecnológicos de catalizadores es *manufacturado* por las empresas de la industria que fabrican catalizadores. Finalmente, todo catalizador requiere de una serie de *servicios* conforme se consume industrialmente. La organización de la innovación en el Área de Catálisis del IMP no contempla los mismos segmentos que las empresas extranjeras. Los segmentos faltantes en México son: el *mercado de materiales catalíticos*, y, la *manufactura de catalizadores*. Asimismo, los segmentos con que cuenta el Área de

---

<sup>58</sup> Ver Diagrama 5.4.

Catálisis no tienen desarrolladas las mismas capacidades que las empresas extranjeras.

*a) Investigación básica*

Este proceso genera nuevos materiales catalíticos o mejora los existentes (soporte o matriz, materiales activos, aditivos o promotores catalíticos, etc.). Las empresas extranjeras no siempre la realizan directamente. La financian y dirigen en términos de los resultados esperados, mediante procesos de subcontratación con universidades e institutos de investigación (privados y/o públicos). La estrategia principal es obtener resultados que puedan ser comercializados en el mercado. El IMP desarrolla investigación básica, sin embargo, los resultados no siempre son canalizados hacia el mercado.

*b) Mercado de materiales*

La *síntesis de materiales* nuevos o mejorados constituye la base de la innovación de catalizadores. Las empresas extranjeras vuelcan hacia el mercado de materiales sus resultados de investigación básica. Conforme aumenta en el mercado la variedad de materiales nuevos o mejorados, se cierra la brecha entre frontera científica y tecnológica. Esto acorta la duración de los ciclos de investigación y disminuye los costos de la innovación tecnológica de catalizadores. Al contrario, en el caso del IMP, los avances logrados en su investigación básica no se traducen en avances volcados al mercado. Así, no están disponibles para elevar la calidad de la investigación aplicada realizada por el IMP.

*c) Investigación aplicada*

La tarea principal de la investigación aplicada es *integrar los materiales*

*catalíticos* en un diseño tecnológico –cuya prueba final es a nivel de planta piloto–, que satisfaga los requerimientos especificados por el cliente. Las empresas extranjeras acuden al mercado de materiales catalíticos y toman los elementos necesarios para diseñar tecnológicamente nuevas formulaciones de catalizadores. Consisten en dos tipos de desarrollos tecnológicos: catalizadores mejorados de acción estandarizada y catalizadores especiales de acción específica. A través del mercado de materiales, la investigación aplicada en países desarrollados se apropia de los resultados de la investigación básica. En el IMP, la investigación aplicada no logra apropiarse de los resultados de su propia investigación básica, pues se encuentran débilmente vinculadas. Asimismo, ante la inexistencia de un mercado de materiales catalíticos en México, la investigación aplicada del IMP recurre al mercado de materiales de las empresas extranjeras. Es práctica común que la empresa elegida como socio tecnológico indique que materiales de determinadas empresas serán adquiridos. La mayor parte de los catalizadores del IMP son catalizadores mejorados. Los catalizadores especiales que consume PEMEX Refinación -como H-Oil para residuales del petróleo-, los fabrican empresas extranjeras.

#### *d) Manufactura*

La tarea principal de la manufactura de catalizadores es *escalar el diseño tecnológico* -desarrollado por la investigación aplicada al nivel de planta piloto-, hasta producir un catalizador adecuado para consumo al nivel de planta industrial. Cuando las empresas extranjeras han arribado a una formulación tecnológica nueva o mejorada del catalizador, proceden a su manufactura. El escalamiento del diseño tecnológico del catalizador conduce a la manufactura y constituye la base para generar la parte más significativa del valor agregado. Asimismo, las empresas

extranjeras desarrollan los procesos catalíticos e instalan las plantas industriales en las que se inscriben los catalizadores nuevos o mejorados que manufacturan. El Área de Catálisis del IMP, al carecer de estas capacidades, necesita recurrir a un socio tecnológico para escalar y manufacturar el catalizador. Una vez fabricado el lote industrial es entregado por el fabricante a PEMEX para realizar su prueba industrial. Actualmente, el IMP no desarrolla procesos catalíticos y tampoco instala plantas industriales.

*e) Servicio*

Comercializar un catalizador implica servicios en la planta industrial donde es consumido. El objetivo del servicio al catalizador consiste en mantener el equilibrio de su nivel de actividad, estabilidad y selectividad. Como los procesos son relativamente estandarizados, el patrón tecnológico se encuentra basado en la innovación del catalizador. Entonces, el servicio del catalizador es crucial. Las empresas extranjeras proporcionan tanto servicio a los procesos catalíticos de las plantas industriales y servicio a sus catalizadores. Esto lo hacen directamente o subcontratan a otras empresas. El IMP da servicio a sus catalizadores, más no proporciona servicios a procesos catalíticos.

*f) Retroalimentación*

El factor de retroalimentación entre cada una de estas etapas del proceso de la innovación es fundamental, pues, proporciona conocimiento crucial para generar un nuevo ciclo de innovación de los catalizadores. En el caso de las empresas extranjeras existe un proceso regular de retroalimentación entre todas las fases. En el caso del IMP el proceso de retroalimentación es limitado. En las empresas extranjeras, la retroalimentación desde la fase de servicios hacia las de

investigación aplicada y básica es un proceso regular. Los agentes que proporcionan el servicio constatan directamente el desempeño técnico de un catalizador, sus virtudes y desventajas en el momento de la reacción en planta industrial. Comunican la información respectiva a los agentes de las fases precedentes. Al subcontratar procesos de investigación básica las empresas extranjeras señalan el sentido de los resultados esperados en función de las necesidades expresadas por la investigación aplicada. Ésta, a su vez, se guía por las demandas de la industria. En el IMP este comportamiento del proceso de retroalimentación no es similar y se debe más a relaciones personales que a rutinas organizacionales. La evidencia empírica generada ha mostrado como la investigación básica se realiza débilmente vinculada a la investigación aplicada, por lo que no existe un objetivo común que las dirija hacia las necesidades específicas de la industria. Otra débil vinculación se establece entre la investigación de catalizadores y los servicios de catalizadores. Así, los investigadores básicos y aplicados no están al corriente de las necesidades de la industria de una manera regular y sistemática.

### ***5.2.3 El ámbito institucional: La red de la innovación tecnológica de catalizadores en México***

Tres son los hallazgos más importantes de los apartados anteriores. En primer lugar, hacia el interior del IMP la consolidación de la modalidad externa de inventar se asocia al aumento de la débil vinculación entre la investigación básica y aplicada –comparada con lo realizado por las empresas extranjeras. Esto limita la cantidad y calidad al producir el IMP su propio conocimiento tecnológico sobre catalizadores. En segundo lugar, el continuo cambio organizacional realizado a lo largo de la historia no ha contribuido a fortalecer esa vinculación tan importante

para innovar verdaderamente, sino que más bien la ha descuidado y profundizado. Finalmente, la consolidación del modelo externo de invención en los noventa se encuentra asociada, tanto a la estrecha relación entre el *Área de Catálisis* del IMP y la GIDT de PEMEX Refinación, como a la relación externa con las empresas extranjeras que fabrican para PEMEX el catalizador con el diseño IMP. El objetivo de este apartado es contextualizar los hallazgos anteriores en el campo inter organizacional e institucional en el cual el IMP despliega sus estrategias como organización que produce conocimiento tecnológico.<sup>59</sup>

El desarrollo de catalizadores del IMP para el consumo industrial de PEMEX Refinación se encuentra segmentado en dos partes: a) El diseño tecnológico se inventa en México; b) La compra de materiales catalíticos básicos para el diseño tecnológico, así como el escalamiento tecnológico al nivel industrial y la manufactura del catalizador, se realizan en el extranjero. En efecto, la innovación de catalizadores en México se organiza en forma de una red que contempla la acción de tres agentes institucionales relacionados contractualmente.<sup>60</sup> Éstos son de dos tipos: PEMEX como el *usuario* de la tecnología y el IMP y las empresas extranjeras como los *proveedores* tecnológicos e industriales.<sup>61</sup> El cambio institucional de finales de los noventa y principios del milenio en el campo de la investigación y desarrollo tecnológico sobre energía no sólo activaron procesos de innovación organizacional dentro del IMP –como hemos visto, sino que afectaron su relación institucional actual con PEMEX y las empresas extranjeras.

---

<sup>59</sup> Ver Diagrama 5.6.

<sup>60</sup> Ver Diagrama 5.5.

<sup>61</sup> Ver Bermúdez y Ortega (1998); IMP (1998a); Soria (2003); Aboites, Beltrán y Domínguez (2004).

### ***A. Red de innovación de la tecnología de catalizadores: Usuario***

El *proceso de la innovación* comienza cuando PEMEX Refinación define las características específicas de los catalizadores para cada unidad de proceso, dadas las: i) condiciones y limitaciones de operación de las plantas de refinación; ii) propiedades de las cargas de los crudos alimentados; iii) requerimientos mínimos de rendimiento y calidad de los productos. El ciclo de la innovación se completa cuando PEMEX Refinación realiza el consumo industrial del catalizador contratado.<sup>62</sup> Durante los noventa, la adquisición del catalizador se realizaba mediante un contrato por adjudicación directa. Con el nuevo milenio, en medio del cambio institucional incremental y con las constantes presiones económicas y financieras, PEMEX Refinación recurre cada vez más a *Contratos Integrales de Catalizadores*, fruto de un proceso de licitación pública entre las empresas proveedoras acreditadas en el mercado internacional, incluyendo las empresas con las que el IMP se encuentra asociado actualmente. Ahora el Instituto tendrá que competir directamente.

Esto pone una fuerte presión sobre el IMP, porque el actual arreglo institucional lo obliga a financiar con recursos propios provenientes de los Servicios a PEMEX, su investigación y desarrollo tecnológico. Sin embargo, estos recursos han sido insuficientes para fortalecer el fideicomiso del IMP para la Investigación –al amparo institucional de la Ley de Ciencia y Tecnología. El actual arreglo institucional es distinto al de los noventa, cuando fluía el financiamiento de PEMEX Refinación al *Área de Catálisis* del IMP. Si bien la Ley de Obra Pública (1993) se modificó con motivo del TLCAN (1994), PEMEX Refinación no ejerció plenamente las licitaciones abiertas al mercado internacional hasta finales de los

---

<sup>62</sup> Ver Diagrama 5.5.

noventa. Durante este periodo financió la investigación y desarrollo tecnológico de catalizadores apoyando la Modalidad por Vía Externa, utilizando el mecanismo de contratos por asignación directa. *Esta era entonces la política tecnológica de PEMEX Refinación.* Su efecto directo fue un incremento en la entrada al mercado de los catalizadores IMP. Actualmente, no existe una política tecnológica clara por parte de PEMEX Refinación ni un flujo continuo de financiamiento de la investigación y desarrollo tecnológico hacia el IMP. En todo caso, la relación más estrecha es actualmente a través de los servicios tecnológicos. La actual política tecnológica de PEMEX Refinación está implícita en su política comercial de catalizadores: Licitación la mayor parte a través de mercado al nivel mundial. Se disminuye así el uso de la discreción institucional derivada del mecanismo de la asignación directa que prevaleció en los noventa y de donde provenían tanto el financiamiento como las instrucciones para el desarrollo tecnológico de catalizadores. Asimismo, con esto, prevalece el modelo de transferencia de tecnología del mercado mundial, es decir, el criterio de gobernabilidad del mercado.

En suma, conforme se han ido profundizado los efectos en México del modelo económico basado en el comercio exterior y las exportaciones de PEMEX, los recientes cambios institucionales de la Ley de Obra Pública (2000), así como los cambios en el marco institucional del campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico, modificaron el arreglo institucional antes vigente entre PEMEX, las empresas extranjeras y el IMP. El cambio ha consistido en el predominio del criterio del *Mercado*, a pesar de que el IMP no es competitivo en el nivel mundial o regional, donde PEMEX obtiene la mayor parte de su tecnología. Así, para sobrevivir, el IMP necesita negociar y estrechar el vínculo con PEMEX a través de una política tecnológica concreta aplicando el criterio *Institucional* en las

decisiones y selección de proyectos relevantes de investigación y desarrollo tecnológico –y no tanto el de *Mercado*.

### ***B. Red de innovación de la tecnología de catalizadores: Proveedores***

#### *a) La etapa de la invención tecnológica*

Corresponde al IMP como el proveedor del diseño tecnológico del catalizador a partir de sus actividades de investigación básica y aplicada.<sup>63</sup> Transfiere su tecnología al Socio Tecnológico respectivo mediante un contrato que incluye la patente respectiva. Las actividades de *investigación básica* están dirigidas al diseño y desarrollo de materiales de soporte catalítico. Estos son estratégicos, como se ha visto, hacen la diferencia innovativa al momento de sintetizar un catalizador, pues arrojan un diseño catalítico único o superior. La actividad de la *investigación aplicada* tiene como finalidad realizar el ensamble de los materiales. Hace la “síntesis” del material de soporte, la fase activa y los promotores según el diseño tecnológico del catalizador. En las últimas dos décadas, sin embargo, la estrategia tecnológica del IMP a privilegiado el diseño de catalizadores a partir de la síntesis de materiales *obtenidos en el mercado mundial*. En contraparte, la mayor parte de los desarrollos de materiales de soporte catalítico del IMP no han sido considerados en los procesos de selección de aplicaciones industriales específicas del IMP. Por lo tanto, se ha debilitado la *vinculación organizacional* entre la investigación básica y la aplicada del IMP y se ha fortalecido el vínculo con las empresas extranjeras, en el proceso de desarrollo tecnológico de catalizadores. Un signo de este debilitamiento se registra en la disminución de la solicitud de patentes de investigación básica y aplicada de

---

<sup>63</sup> Ver Diagrama 5.5.

catalizadores.<sup>64</sup> Esto afecta negativamente el aprendizaje tecnológico y el desarrollo de capacidades domésticas.

*b) La etapa de la innovación tecnológica*

Discurre en el marco de una alianza contractual entre el IMP y un Socio Tecnológico, donde éste actúa como el proveedor industrial del catalizador.<sup>65</sup> Su compromiso es manufacturarlo, es decir, “escalar” el diseño tecnológico del IMP hasta fabricar el lote industrial del catalizador. Sin embargo, la relación del IMP con la empresa extranjera es relativamente pasiva. No existe una cooperación tecnológica plena que redunde en un mayor y mejor aprendizaje tecnológico e incluya una interacción dinámica. Es una relación limitada a la manufactura controlada por la empresa extranjera a partir del diseño tecnológico del IMP. Este diseño utiliza una selección convencional entre materiales comerciales de empresas extranjeras que directamente lo manufacturan.

Este grado de desarrollo alcanzado en las capacidades tecnológicas del IMP muestra que la relación actual con las empresas extranjeras limita una mejora de estas capacidades de catalizadores. Para avanzarlas, tendría que transitarse de una relación pasiva a una activa con las empresas extranjeras. Es decir, buscando establecer proyectos de investigación relevantes para la industria mexicana y mediante la cooperación entre los tres agentes principales. Esto requiere por lo tanto de una fuerte dosis de voluntad política, tecnológica y económica de PEMEX. Sin embargo, profundizar el apoyo de PEMEX al IMP en la producción de conocimiento tecnológico propio se antoja difícil de obtener. Dada la debilidad estructural y financiera como empresa debida a su incapacidad para definir de manera autónoma un proceso regular y sistemático de inversión productiva y

---

<sup>64</sup> Ver Soria (2002)

<sup>65</sup> Ver Diagrama 5.5.

tecnológica con base en recursos propios. Así, PEMEX depende completamente de otros agentes y sus relaciones políticas, como lo son las Cámaras del Congreso, los partidos políticos y el poder ejecutivo. Este marco de “irracionalidad” institucional distorsiona el desempeño económico de PEMEX. Así, esta organización prefiere transferir tecnología del exterior ya probada a nivel industrial, para no arriesgarse en un proceso de desarrollo doméstico de tecnología que puede ser incierto, largo y costoso.

*c) La innovación industrial*

Es la fase comercial del catalizador. La comercialización inicia sólo si es exitosa la prueba industrial en la planta seleccionada por el usuario.<sup>66</sup> De serlo, el consumo industrial del catalizador implica: i) la manufactura de los lotes industriales subsiguientes por el socio tecnológico; y, ii) la contratación de los servicios tecnológicos del IMP para supervisar la actividad del catalizador en la planta respectiva. Para el *Área de Catálisis* del IMP la parte más crítica de la innovación industrial es sin duda la posibilidad de probar la tecnología diseñada ya fabricada en el catalizador en una planta industrial de PEMEX Refinación. Máxime que ahora se han reconfigurado la mayor parte de las plantas de refinación a procesos más selectivos que utilizan nuevos tipos o generaciones de catalizadores y que se ha modificado el marco institucional que afecta los costos de transacción de los catalizadores. Estos eventos tan trascendentes tienen un fuerte ingrediente de políticas e intereses por parte de los tres agentes involucrados.

Para PEMEX el riesgo de la prueba industrial siempre es alto. Es una empresa sometida desde hace dos décadas a una creciente y sostenida demanda interna de combustibles –y un fracaso técnico en el sistema de producción sería

---

<sup>66</sup> Ver Diagrama 5.5.

sumamente oneroso. Entonces, la negociación de la prueba industrial de los catalizadores con diseño tecnológico del IMP es el factor crítico que involucra las políticas de cada organización y permite o no la posibilidad de comercializar un catalizador. A diferencia de las empresas extranjeras proveedoras de tecnología, que normalmente tienen resuelta la posibilidad de probar en plantas adecuadas sus nuevos catalizadores. Esta carencia de instalaciones o posibilidades de probar industrialmente el catalizador diseñado por el IMP se suma a la carencia de capacidad de manufactura y de un mercado de materiales catalíticos altamente concentrado al nivel global. Con esto, la relación del IMP con las empresas extranjeras se convierte en una relación de dependencia en aspectos tecnológicos, productivos y comerciales. En este sentido, explicitar una propuesta concreta de política tecnológica para el IMP en su campo organizacional es un problema muy complejo pero necesario. El actual arreglo institucional del IMP con las empresas extranjeras y PEMEX en el campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico no proporciona los incentivos adecuados para desarrollar tecnología propia de manera más intensa.

#### ***5.2.4 Características del modo de producción de conocimiento tecnológico en el IMP***

La actual forma de organizar la producción de conocimiento tecnológico de catalizadores asume las principales características del *Modo Uno*<sup>67</sup> –definido en comparación al *Modo Dos*<sup>68</sup>.

---

<sup>67</sup> El Modo Uno se desenvuelve en un contexto gobernado por intereses académicos de una comunidad específica. Efectivamente, es disciplinar en sus procesos de investigación y el conocimiento obtenido es relativamente homogéneo. Además, opera bajo una organización jerárquica que preserva en el tiempo sus formas originarias. Finalmente, el control de la calidad del conocimiento se encuentra basado sólo en juicios de iguales.

<sup>68</sup> Ver Gibbons et al. (1997). El Modo Dos, por su parte, se lleva al cabo en el contexto de aplicación del conocimiento. Su actividad es transdisciplinar por lo cual los resultados sobre el saber se caracterizan por su

El *Área de Catálisis* es disciplinar en sus procesos de investigación científica y tecnológica. Por ejemplo, la investigación científica se circunscribe principalmente a las ciencias químicas y físicas, mientras, la investigación tecnológica lo hace en el marco del conocimiento derivado de la ingeniería química e industrial. En este sentido, la relación con las empresas extranjeras no es interactiva sino *inter pasiva*.

En el ámbito del mercado, el conocimiento tecnológico obtenido es relativamente homogéneo en el sentido de que otras organizaciones también producen el mismo tipo de catalizadores convencionales de mejora incremental. Por el contrario, una innovación tecnológica radical consistiría, por ejemplo, en un proceso y un catalizador para fabricar combustible sin azufre para la Ciudad de México.

Por otra parte, la organización de la investigación tecnológica es jerárquica y vertical. La división entre básica y aplicada que se han derivado de la estructura institucional de origen,<sup>69</sup> ha sido preservada a lo largo de su historia a pesar de los diversos cambios en la organización formal del IMP. A pesar de que con la reciente innovación organizacional se cambió a una estructura horizontal en la parte operativa, lo cierto es que en términos de burocracia institucional se mantienen una clásica estructura jerárquica que influye en la toma de las decisiones técnicas y económicas que tendrían que ser más horizontales, racionalmente hablando. Así, los puestos de las estructuras formales se han convertido en los mecanismos de poder que permiten influir en la selección de los proyectos de investigación –no siempre relevantes, a partir de una determinada modalidad de organizar el proceso de invención en el *Área de Catálisis*. Es un factor de poder difícil de erradicar a

---

heterogeneidad. Asimismo, conllevan una organización “heterárquica” –es decir, “otro orden de distinto origen”, y es una organización transitoria. Finalmente, el control de calidad del conocimiento producido incorpora una gama de intereses culturales y sociales, ecológicos y económicos, políticos y de derechos humanos, etc.

<sup>69</sup> Ver decreto de Creación del IMP en Diario Oficial de la Federación (1965, 2001b).

través de un simple cambio en la estructura formal de organización. Sin embargo, en el caso del *Área de Catálisis*, en aras de terminar con ciertas estructuras informales de poder asociadas a la vía externa de invención de catalizadores, se desbarató la integridad organizacional alcanzada por el negocio de catalizadores. Los cambios en las estructuras de mando de sus componentes afectó negativamente la capacidad para generar los catalizadores que demanda PEMEX a través de las licitaciones internacionales en el mercado mundial.

A su vez, el control de la calidad del conocimiento tecnológico de catalizadores se encuentra basado sólo en juicios de iguales. No existen dentro de estos proyectos de investigación –por ejemplo, los científicos e investigadores sociales. Siendo que, la aplicación de ese tipo de tecnología en la industria deriva eventualmente en conflictos sociales en torno a la salud, la seguridad, el medio ambiente, la economía, el trabajo y la política.

En suma, las ideas anteriores sugieren que el *Área de Catálisis* del IMP produce conocimiento tecnológico dentro de la racionalidad del Modo Uno, a pesar de la intención de la Dirección General de realizar una innovación organizacional en el proceso de producción de conocimiento del IMP. En efecto, se buscaba modificar su organización en términos de algunos de los principales elementos que caracterizan al Modo Dos de producción de conocimiento. Sin embargo, el resultado hasta el momento actual ha sido un estancamiento en la capacidad para ampliar y mejorar el proceso de producción de conocimiento tecnológico. Con esto, el IMP no se encuentra ni siquiera en el proceso de transición hacia una organización con elementos predominantes en el Modo Dos.

### 5.4 Hallazgos y reflexiones

Consideraciones importantes para la discusión actual sobre la política en torno a la investigación científica y tecnológica en México emanan del relato histórico expuesto en la primera sección. La estrategia inicial elegida para construir capacidades tecnológicas primarias fue adoptar, mantener y operar lo que PEMEX tenía como experiencia. Se trató de optimizar las compras así como de adaptar y actualizar la tecnología extranjera antes que desarrollar tecnología propia como tal. Los catalizadores representaron las actividades primarias de investigación en este proceso de aprender de las empresas extranjeras. Sin embargo, existieron tres “fallas” de tipo estructural al momento de construir las capacidades organizacionales del IMP.

La primera falla fue no planear al organizar y fundarse el IMP. No se organizó primero un grupo seleccionado orientado a fundar una organización dedicada a la investigación. Más bien, la organización inicial se dejó en manos de empleados y funcionarios de PEMEX orientados hacia los negocios con servicios tecnológicos.

La segunda falla fue no poder identificar los problemas de investigación relevantes para la industria y la economía del país. Esto se refleja en que de todas las trayectorias tecnológicas emprendidas históricamente por el IMP, solo el *Área de Catálisis* ha desarrollado un “negocio” en torno a tecnología para refinar combustibles. Actualmente, no se han identificado otros problemas de investigación relevantes en la industria del petróleo, que sean resueltos con investigación y/o tecnología del IMP.

La tercera falla ha sido la de especialización de los recursos humanos, aunque, se había ido corrigiendo en los ochenta y noventa. Inclusive, el IMP

internalizó la formación de recursos humanos organizando un programa al nivel posgrado. Sin embargo, paradójicamente, debido a su actual crisis financiera, el IMP está expulsando de su seno especialistas que alguna vez formo en el extranjero, debido a la cancelación de proyectos de investigación básica e investigación aplicada.

Este caso histórico trata sobre la economía y la política de la investigación tecnológica concretadas en un enfrentamiento y posterior ruptura. En este contexto, este estudio de caso replantea la forma tradicional de evaluar las capacidades tecnológicas desarrolladas por el IMP (de forma exclusivamente económica y tecnológica), al introducir la *problemática política* que entraña. Es decir, cómo la política puede abrir los caminos de la innovación tecnológica o puede cerrarlos debido a intereses creados –públicos y/o privados, legales o ilegales. El desarrollo efectivo de la investigación tecnológica implica entonces que los actores y agentes negocian entre sí, pues, tienen intereses diferentes y despliegan políticas para beneficiarse.

La dimensión política de la producción de conocimiento tecnológico en México muestra aspectos señalados por la hipótesis del isomorfismo, en especial, con relación a la legitimidad y el desarrollo institucional del IMP. En efecto, en el largo plazo el resultado de la actividad del Instituto no ha sido profundizar el desarrollo tecnológico dentro de le industria petrolera. La mayor parte de la institución ha estado en función de producir servicios tecnológicos. Solo una parte especializada de la institución ha desarrollado capacidades tecnológicas. Es decir, no ha operado un proceso real de expansión de las capacidades tecnológicas en el IMP, sino que solo un proceso de legitimación institucional como organización que en apariencia es casi exclusivamente una productora de conocimiento tecnológico.

En relación a la hipótesis de la innovación organizacional, el resultado del cambio organizacional –entre 2000 y 2003, no ha sido construir sino destruir las sinergias alcanzadas bajo el esquema de organización anterior. Los cambios formales han contribuido a la legitimación institucional más no a nuevas formas concretas para organizar la producción de conocimiento. Esto se explica más bien por la hipótesis de la construcción social de la tecnología. Las experiencias narradas muestran como la producción de conocimiento no es sólo un proceso tecnológico organizado a partir de una determinada racionalidad económica. También evoluciona a través de la construcción social del conocimiento. Construirlo, implica negociar o no determinados conflictos debidos a intereses o visiones diferentes entre los actores y agentes que producen el conocimiento tecnológico. Así, durante el proceso de invención e innovación tecnológica estos actores y agentes despliegan una serie de intereses y políticas, tanto en los ámbitos institucional y organizacional, como el grupal e individual.

Es precisamente al nivel individual y grupal en donde se manifiestan más claramente los conflictos, las tensiones y rupturas en la organización. Mediante las patentes fue posible construir la *Red Social de Invención* de materiales catalíticos y catalizadores. Esta *Red* se representó concretamente mediante la identificación del núcleo de invención de alta productividad del *Área de Catálisis* del IMP. En estos grupos de invención se identificaron como *Inventores* a ciertos *Gerentes*, responsables o líderes de determinados proyectos de investigación. Asimismo, en esta Red de actividad se identificaron en concreto dos tipos de grupos de investigación e invención catalítica: básica y aplicada. En especial, fue posible analizar en perspectiva histórica una ruptura entre los grupos de investigación básica y aplicada (1993). Esta ruptura se representó a través del caso de dos *Gerentes*. Uno de ellos dedicado a la investigación básica y la invención de nuevos

diseños de materiales catalíticos. El otro, dedicado a la investigación aplicada y asociado a la invención de nuevos diseños de catalizadores, bajo la guía y el financiamiento de PEMEX Refinación y mediante una sociedad tecnológica con empresas extranjeras. Este último gerente representa el predominio de una modalidad de inventar, y por lo tanto, de producir conocimiento para innovar tecnológicamente los catalizadores.

Los grupos de inventores que crean los catalizadores dentro del *Área de Catálisis* del IMP representan el núcleo de la innovación tecnológica doméstica de catalizadores para la producción de combustibles por PEMEX Refinación. Se encuentran organizados bajo dos modalidades. En la historia tecnológica del *Área de Catálisis* del IMP ha predominado la *Modalidad por Vía Externa* basada en la actividad de los grupos de inventores de la investigación aplicada, quienes han absorbido la mayor parte de los recursos para investigación y desarrollo tecnológico. Este predominio ha resultado en la producción de conocimiento tecnológico con capacidad de entrar al mercado, aunque relativamente *convencional*. La elección de la asignación anterior ha resultado en menores recursos para la actividad de los grupos e inventores de la investigación básica. Así, se limita la capacidad para producir conocimiento tecnológico propio que rebase la frontera de lo convencional. Con esto, durante los noventa, la estructura y proceso de organización del *Área de Catálisis* y de la investigación tecnológica en el IMP se explican en función de esta modalidad de inventar. En cuanto a su desempeño, este modelo fue relativamente exitoso en lo referente a la penetración de mercado de los diseños IMP de catalizadores. Tecnológicamente significó la apropiación plena de la tecnología básica para realizar innovaciones incrementales a los procesos de refinación de combustibles. Sin embargo, la economía de esta innovación es onerosa en su financiamiento y limitada en cuanto a las fuentes de estos recursos.

La débil vinculación entre la investigación básica y aplicada en el IMP contrasta con el modelo de producción de conocimiento tecnológico de catalizadores de las empresas extranjeras, que muestra como el factor estratégico para desarrollar catalizadores innovadores se funda en la capacidad de la investigación básica para sintetizar material de soporte nuevo o mejorado y llevarlo al mercado. Asimismo, el éxito de la invención tecnológica se encuentra en la capacidad de la investigación aplicada para integrar estos materiales en un diseño tecnológico nuevo o mejorado.

La forma de organizar la capacidad de investigación en el IMP permite, entonces, plantear la *hipótesis de la débil vinculación interna* –entre la investigación básica y aplicada dentro del Área de Catálisis–, agregando que se encuentra basada en la *pasiva vinculación externa* –en lo referente a la relación de aprendizaje tecnológico con las empresas extranjeras que son los socios tecnológicos del IMP. Esto impide producir tecnología más competitiva y establecer una relación de aprendizaje activa con los socios tecnológicos basada en la cooperación tecnológica dinámica.

Las conclusiones de la tesis doctoral se agrupan en cinco temas y al final se presenta una serie de tres recomendaciones de política.

### ***6.1 La innovación tecnológica en el Área de Catálisis***

Durante las últimas décadas cuatro han sido las trayectorias tecnológicas principales del IMP: i) Productos químicos, ii) Procesos de refinación, iii) Equipos, iv) Catalizadores. Sólo estos últimos han permanecido como actividades de investigación básica, aplicada e innovación tecnológica. Así, representan las principales capacidades tecnológicas acumuladas por el IMP.

La modalidad de producción de conocimiento para la innovación de los catalizadores se basa en integrar diseños tecnológicos del IMP con materiales catalíticos (soporte) seleccionados por las empresas extranjeras en catalizadores convencionales manufacturados en el extranjero. Esto debilita la vía de la innovación de los catalizadores basados en el conocimiento propio de los materiales, la especificidad del petróleo mexicano y de la planta industrial de México.

Estas actividades de investigación e innovación tecnológica de catalizadores se ha gestionada como un negocio en el mercado mexicano de la refinación con un mayor énfasis que otras actividades de investigación tecnológica del IMP. Sin embargo, este

proceso de gestión comercial de la innovación se ha erosionado bajo la nueva forma de organizarse el IMP (2000-2003). Por una parte, debido a la reestructuración de la anterior Gerencia de Catálisis y, por la otra parte, en el contexto de cambios del entorno institucional y económico.

El desarrollo de estas capacidades tecnológicas de catalizadores (1965-2000) se logró mediante las coyunturas específicas en que PEMEX estuvo interesado, seleccionó y financió proyectos. Sin embargo, en la actualidad ha retirado la mayor parte del financiamiento de la investigación y desarrollo tecnológico, desatando una problemática financiera que implicó la contracción del personal dedicado a la investigación en el IMP (2003-2004).

### ***6.2 Tensiones que alteraron la continuidad en la producción de conocimiento tecnológico en el IMP***

El estudio ha revelado dos situaciones concretas de conflicto que condujeron a discontinuidades en la producción de conocimiento en los grupos de investigación tecnológica. Esto se registró en los siguientes niveles.

El primero fue el conflicto entablado entre los dos agentes institucionales de la innovación, el IMP y PEMEX (1973-74). En este conflicto, el grupo original de investigación fue reemplazado en

sus cuadros directivos y además se contrajo por la salida de ciertos integrantes, quienes emigraron a la universidad pública.

El segundo nivel es entre los actores de la invención e innovación tecnológica al interior del IMP (1992-93). Cuando se toma la decisión de integrar la Gerencia de Catálisis en un solo cuerpo organizacional, se da la ruptura entre grupos y proyectos de investigación y el reemplazo de los cuadros directivos. Debido al conflicto entre actores y a las decisiones directivas, algunos investigadores emigran a otras áreas del IMP.

Estos dos niveles del conflicto se encuentran asociados, ya que ciertos grupos que han predominado al interior del IMP (la investigación aplicada), lo hicieron porque lograron tener el apoyo de determinados actores de poder al interior de PEMEX (GIDT). Los conflictos entre grupos y proyectos han tenido una influencia determinante sobre la formación inicial y desarrollo ulterior de las condiciones estructurales de la investigación científica y tecnológica en el IMP.

### ***6.3 El modo de producción de conocimiento organizado por el IMP en el Área de Catálisis***

La producción de conocimiento tecnológico por el IMP tiene como fundamento una modalidad con tres características

estructurales, las cuales limitan su evolución hacia otras formas de organización.

Primero, los conflictos y tensiones fueron los que generaron discontinuidades dentro de la organización y debilitaron la vinculación entre la investigación básica y la investigación aplicada del Área de Catálisis, vínculo que en teoría fortalece a una organización.

Segundo, la política tecnológica impulsada por PEMEX para producir tecnología no se ha caracterizado por un estímulo institucional constante, sino que fluctuante. Este hecho de la política ha profundizado la *debilidad estructural del vínculo inter organizacional* entre PEMEX y el IMP para producir conocimiento tecnológico innovador.

Finalmente, el IMP ha establecido una relación de aprendizaje tecnológico con las empresas extranjeras –actúan como sus socios tecnológicos e industriales–, que no ha contribuido a fortalecer plenamente sus capacidades tecnológicas, sino sólo en forma relativamente pasiva. El actual marco institucional –orientado a organizaciones de mercado–, no contribuye a estimular la profundización de las vinculaciones y de estos procesos de aprendizaje.

#### ***6.4 Cambio institucional y organizacional en la producción de conocimiento tecnológico en el IMP***

En los sesenta el IMP constituía la innovación institucional y organizacional del campo investigación y desarrollo tecnológico en México. Durante las décadas siguientes se acumularon importantes capacidades domésticas de investigación científica y tecnológica.

La reestructuración institucional reciente (1999-2001) del campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico del sector energético mexicano, generó y cobijó al cambio organizacional del IMP. El objetivo institucional es todavía elevar la producción de nuevo conocimiento en esta y otras instituciones bajo la orientación al mercado y la generación de recursos propios. Sin embargo, las evidencias analizadas en esta investigación sugieren que en los últimos años no se han alcanzado los objetivos propuestos. La actual crisis presupuestal de PEMEX afecta de manera determinante al IMP y sus proyectos de investigación, por lo que tenderá a deprimirse su capacidad para generar conocimiento.

A su vez, el cambio organizacional más reciente del IMP (2000-2004), imitó formas de organización de empresas exitosas del extranjero. Sin embargo, la valoración de los avances y los límites internos no fueron ponderados adecuadamente en el rediseño organizacional. Es decir, muchas de las capacidades científicas,

tecnológicas e industriales acumuladas en el personal y la institución (1966-1999), no fueron ordenadas y evaluadas adecuadamente al construir la nueva forma de la organización. Esto dificultó la coordinación entre los actores organizacionales para producir conocimiento según los procesos en la estructura formal actual (2000-2004).

Otro rasgo institucional de la organización del IMP que afecta a la producción de conocimiento es la relación entre las actividades de la *Investigación* y los *Servicios*. Estos últimos predominan como la actividad económica más importante. Las actuales condiciones y orientación de las actividades de producción de PEMEX hacen probable que demande del IMP más Servicios que Investigación tecnológica. De continuar el predominio de los Servicios en la actividad del IMP –en el marco de las actuales restricciones financieras de PEMEX y el Gobierno Federal, se iniciará una tendencia a erosionar las capacidades tecnológicas acumuladas en el IMP, por la transferencia de los recursos –humanos, financieros, etc.– hacia este tipo de actividades.

En la realidad, para poder competir en el mercado con diseños propios, el IMP requiere del apoyo institucional y financiero. Tanto de PEMEX como del Gobierno Federal y concretados en políticas precisas en materia de desarrollo de tecnología. Por el contrario, si

las políticas de PEMEX y el Gobierno Federal erosionan la responsabilidad institucional del IMP en tanto organización que contribuye al desarrollo tecnológico del sector industrial del petróleo en México, hay un efecto negativo sobre las experiencias concretas de desarrollo de tecnología propia aun no maduras.

### ***6.5 Problemática actual del IMP***

En síntesis, el IMP enfrenta actualmente cuatro tipos de problemática como productor de conocimiento tecnológico de catalizadores.

*-Organizacional.* Falta capacidad para planear la investigación, identificar los temas de investigación tecnológica relevantes (industria del petróleo nacional) y formar los recursos humanos especializados necesarios.

*-Tecnológica.* No se ha desarrollado plenamente la capacidad para aprender mejorando las bases científicas de las formas tecnológicas generadas endógenamente, así como de las transferidas del exterior, para adaptarlas a la industria petrolera nacional.

*-Política y relaciones interinstitucionales.* Se refiere a la vinculación con PEMEX y las empresas extranjeras en las acciones de investigación y desarrollo tecnológico. Evitar la erosión de capacidades de investigación tecnológica acumuladas, debido a

desacuerdos y diferencias, así como a las políticas de los agentes institucionales de la innovación (PEMEX, IMP y empresas extranjeras).

*-Financiamiento.* El IMP en su función sustantiva de producción de conocimiento requiere una política de financiamiento planificada y continua. Sin embargo, el análisis del financiamiento en el largo plazo histórico muestra fluctuaciones que parecen estar determinadas por eventos de coyuntura, más que por el propósito de una consolidación de la investigación y desarrollo tecnológico en el IMP.

### ***6.6 Recomendaciones de política***

Una serie de tres recomendaciones surgen de las reflexiones anteriores.

Primero, el IMP no tiene pleno reconocimiento de sus capacidades tecnológicas acumuladas, es decir, de su memoria histórica en términos de conocimiento tecnológico desarrollado. Es importante reconsiderar las políticas pasadas y actuales de formación y empleo de recursos humanos, en el sentido de reconocer, acumular y gobernar las habilidades con las que cuentan los individuos que forman la organización y crean el conocimiento.

Segundo, la vinculación con PEMEX debe resolverse en

términos de incrementar los canales para la cooperación a lo largo de las diferentes fases del desarrollo de una tecnología. La política tecnológica de PEMEX y del Gobierno Federal podría orientarse a ser más consistente en dar certidumbre para sentar condiciones propicias para un desarrollo propio de tecnologías seleccionadas.

Tercero, dos tipos de mecanismos institucionales tienen que ser revisados: La selección de los proyectos de investigación relevantes y el financiamiento de la investigación y desarrollo tecnológico. Es deseable que también sean orientados conforme una mayor certidumbre en torno a objetivos y recursos de la investigación y desarrollo tecnológico en el largo plazo.

## 1. Bibliografía y hemerografía

- Aboites, J. (1992a), "Implicaciones de la nueva legislación de propiedad industrial en México", *Anuario de Investigación*, Vol. I, DPE-UAM Xochimilco.
- \_\_\_\_ (1992b), *Trayectorias Tecnológicas en la manufactura*, México, Departamento de Producción Económica, UAM-Xochimilco.
- \_\_\_\_ (1994), "Evolución reciente de la Política Científica y Tecnológica de México", *Comercio Exterior*, núm.9, Vol. 44, septiembre.
- \_\_\_\_ (1995), *Cambio institucional e innovación tecnológica*, México, UAM-Xochimilco.
- \_\_\_\_, Domínguez E., J. M., Beltrán O., T. y R. Quintero(2002), "Refining Industry of Mexico. Comparative study of R&D activities and the catalysts market needs", *RICH MAC Magazine La Chimica e l'Industria*, Vol. 84.
- \_\_\_\_, J. Beltrán O., T y J. M. Domínguez E. (2004), *Innovación e impacto de la catálisis en el IMP: Retrospectiva y retos*, Siglo XXI, México.
- Albert, M.B.; Avery,D.; McAllister,P.; Narin,F. (1991), "Direct validation of citation counts as indicators of industrially important patents", *Research Policy-Elsevier Science B.V.*, num. 20, North- Holland.
- Alveson, M. y H. Willmott (1992), *Critical Management Studies*, SAGE, Londres.
- \_\_\_\_ y S. Deetz (1996), "Critical Theory and postmodernism: approaches to organizational study" en *Handbook of Organization Studies*, SAGE, Londres.
- Archibugi, D. y M. Pianta (1996), "Innovation Surveys and Patents as Technology Indicators: The State of the Art", *Innovation, Patents and Technological Strategies*, Paris, OECD.
- Aubert, N. y V. De Gaulejac (1991), *El coste de la excelencia ¿del caos a la lógica o de la lógica al caos?*, Paidós, Barcelona.
- Ayala E., J. (1999), *Instituciones y Economía; una introducción al neoinstitucionalismo económico*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Barnard, C.I. (1938, 1959), *Las funciones de los elementos dirigentes*, Instituto de Estudios Políticos, Madrid.
- Barnés, B. (1981), "Los siete sexos; estudio sociológico de un fenómeno o replicación de los experimentos en física" en Iranzo, Et. al., Coordinadores (1995), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- \_\_\_\_ y R. G. A. Dolby (1970), "El ethos científico: un punto de vista divergente", en *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.

- Barnés, F. (1997), "Desarrollo de catalizadores en la industria petrolera" en *Catálisis y Petroquímica*, coordinado por O. Navarro, El Colegio Nacional.
- Barney, J.B. y W. Hesterley (1996), "Organizational economics: understanding the relationship between organizations and economic analysis", en: S. Clegg, C. Hardy, y W. Nord (Editors), *Handbook of Organizational Studies*, SAGE, London.
- Barré, R. (1996), "Relationships between multinational firm's technology strategies and national innovation systems: a model and an empirical analysis", en *Innovation, Patents and Technological Strategies*, OECD, 1996.
- Basberg, B. (1987), "Patents and the measurement of technological change: A survey of the literature", *Research Policy* núm. 16, nos. 2-4.
- Baum, J.A.C. (1996), "Organizational ecology" en: S. Clegg, C. Hardy, y W. Nord (Editors), *Handbook of Organizational Studies*, SAGE, London.
- Benson, J.K. (1975), "The interorganizational network as a political economy", en J.Scott (ed.) *Power, Critical Concepts* (vol.3), Routledge, Londres.
- Berger, P y T. Luckmann (1968), *La construcción social de la realidad*. Amorrortu, Argentina.
- Besant, J., K. Pavitt y J. Tidd (1997), *Managing Innovation, Integrating technological, market and organizational change*,. John Wiley & Sons, England.
- Bijker, W., T. Hughes y T. Pinch (1984), *The Social Construction of Technological Systems. New directions in the Sociology and History of Technology*, MIT Press, Cambridge.
- Bloor, D. (1976), *Knowledge and Social Imagery*, Routledge and Kegan Paul, London.
- Bloor, Weingart, P. (1977), "Science Policy and Development of Science", in Blume, S., Editor (1977), *Perspectives in the Sociology of Science*, John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane and Toronto.
- Blume, S. S. (1977), "Introduction: Sociology of Sciences or Sociologies of Science", *Perspectives in the Sociology of Science*, John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane and Toronto.
- Bonacelli, M.B., Mello, D. y S.S. Fihlo (1998), "El proceso innovador y la reorganización de los institutos públicos de investigación", *Revista de Economía y Empresa*, Num. 34, Vol. XII, 2ª Época, 3er Cuatrimestre.
- Braverman, H. (1974, 1975), *Trabajo y capital monopolista; La degradación del trabajo en el siglo XX*, Nuestro Tiempo, México.
- Breitman, Anthony y Narín, Francis (1995), "Inventive productivity", *Research Policy - Elsevier Science B.V.*, #25, North-Holland.

- Brown W.H. y M.J. Hirabayashi (1996), "Patents with multiple inventors residing in different countries", , en *Innovation, Patents and Technological Strategies*, OECD, 1996.
- Burns, T. y G.M. Stalker (1961), *The Management of Innovation*, Quadrangle Books, Chicago.
- Burrell, G. y G. Morgan (1979), *Sociological Paradigms and Organizational Analysis; Elements of the sociology of corporate life*, Heinemann, EUA.
- Button, G, y W. Sharrock (1998), "The Organizational Accountability of Technological Work", *Social Studies of Science*, Vol. 28 num. 1.
- Callón, M. (1986), "Algunos elementos para una sociología de la traducción: la domesticación de las vieiras y los pescadores de la Bahía de Saint Brieu" en Iranzo, Et. al., Coordinadores (1995), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Carlson, B. y M. Gorman (1990), Understanding Invention as a Cognitive Process: The case of Thomas Edison and Early Motion Pictures, 1888-91", *Social Studies of Science* vol. 20.
- Castells, M. (1996), *La era de la información. Economía, sociedad y cultura*, Vol. 1. La sociedad red, Alianza, Madrid.
- Chandler, A. (1977), *The Visible Hand: The managerial revolution in American Business*, Belknap Press, Cambridge MA and London.
- Ciceri, H. N. y A. Mercado (2003), "Resultados de una estrategia de generación de capacidades tecnológicas en México: el caso del IMP", *Ciencia y Desarrollo*, Vol. XVII, Núm. 100, México.
- Cimoli, M. (2000), *Developing innovation systems: México in a global context*, Continuum International Publishing, London & New York, 347p.
- \_\_\_\_\_ y G. Dosi (1994a), "De los paradigmas tecnológicos a los sistemas nacionales de innovación", *Comercio Exterior*, Agosto.
- \_\_\_\_\_ y G. Dosi (1994b), "Technological paradigms, patterns of learning and development. An introductory roadmap", *Journal of Revolutionary Economics* Vol. 5 num. 3.
- \_\_\_\_\_ y G. Dosi (1995), "Technological paradigms, patterns of learning and development: an introductory roadmap", *Evolutionary Economics*, Vol. 5, Springer-Verlag
- \_\_\_\_\_ y Della Giusta (2000), "Innovation and patterns of learning: a survey of evolutionary theories" en Batten, D.F. et.al. (eds) *Learning, innovation and urban evolution*, Boston.
- Clegg, S.R. (1977), "Power, organization theory, Marx and critique", en Clegg, S.R. y D. Dunkerly (eds.) *Critical Issues in Organizations*, Routledge and Kegan Paul, Londres.

- \_\_\_\_\_ (1994a), "Power and institutions in the theory of organizations", en J. Hassard y M. Parker (eds), *Towards a new Theory of Organizations*, Routledge, Londres.
- \_\_\_\_\_ (1994b), "Max Weber and contemporary sociology of organizations", en L.J. Ray y M. Reed (eds.), *Organizing Modernity, New Weberian Perspectives on Work, Organization and Society*, Routledge, Londres.
- \_\_\_\_\_ y C. Hardy (1996), "Organizations, Organization, Organizing". en: S. Clegg, C. Hardy, y W. Nord (eds.), *Handbook of Organizational Studies*, SAGE, Londres.
- \_\_\_\_\_ y D. Dunkerly (1977), *Critical Issues in Organizations*, Routledge and Kegan Paul, Londres.
- Coase, R., 1937. "The Nature of the Firm". *Economica*, Vol. 4.
- Cohen, L., Duberley, J. y J. McAuley (1999a), "Fuelling Discovery or Monitoring Productivity: Research Scientists Changing Perceptions of Management". *Organization*, Vol. 6, num. 3.
- \_\_\_\_\_, Duberley, J. y J. McAuley (1999b), "The purpose and process of science: contrasting understandings in UK research establishments", *R & D Management* Vol. 29 num. 3, UK-USA.
- Cohen, M.D. y G. March (1974), *Leadership and Ambiguity: The American College President*, Harvard University Press, Boston.
- \_\_\_\_\_, G. March y J. Olsen (1972), "A garbage can model of organization choice", *Administrative Science Quarterly* 1.
- Collins, H. (1975) "Los siete sexos; estudio sociológico de un fenómeno o la replicación de los experimentos en física", en Iranzo, Et. al., Coordinadores (1995), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- CONACYT (2003), *Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología 2003*, México.
- Correa, C. (1983), "Importación de tecnología en América Latina. Algunos resultados de intervención estatal", *Comercio Exterior*, núm. 1, Vol. 33, Enero.
- \_\_\_\_\_ (1988), "Innovación tecnológica en la informática", Primera parte, *Comercio Exterior*, núm. 1, Vol.39, Enero.
- \_\_\_\_\_ (1988), "Innovación tecnológica en la informática", Segunda parte, *Comercio Exterior*, núm. 2, Vol.39, Febrero.
- \_\_\_\_\_ (1989), "Propiedad Intelectual, Innovación Tecnológica y Comercio Internacional", *Comercio Exterior*, núm. 12. Vol. 39, Diciembre.
- \_\_\_\_\_ (1991), "Competencia y Propiedad Intelectual en la Industria Microelectrónica", *Comercio Exterior*, núm.11, Vol. 41, Noviembre.

- \_\_\_\_\_ (1992), "Patentes, industria farmacéutica y biotecnología", *Alegatos*, núm.20, UAM-Azcapotzalco.
- \_\_\_\_\_ (1994), "El nuevo escenario para la transferencia de tecnología: repercusiones en los países en desarrollo", *Comercio Exterior*, núm. 9, Vol. 44, Septiembre.
- Crozier, M. (1963), *El fenómeno Burocrático* (2 volúmenes), Amorrortu, Buenos Aires.
- Davidson Frame, J. Y Xuesong Tong (1994), "Measuring national technological performance with patent claims data", *Research Policy-Elsevier Science B.V.*, num. 23, North-Holland.
- De Solla Price, D. (1963), *Little Science, Big Science*, Yale University Press, New Haven, Coneticut.
- \_\_\_\_\_ (1976), "A general theory of bibliometric and other cumulative advatnge processes", *Journal of the American Society for Information Science*, Vol. 27, num. 5, September-October.
- Dhawan, S. K., Roy, S. y S. Kumar (2002), "Organizational energy: an empirical study in Indian R & D Laboratories", *R & D Management* Vol. 32, num 5, UK-USA.
- Díaz, G. y S. Fuentes (1997), *Catalizadores. ¿La piedra filosofal del siglo XX?*, SEP-FCE-CONACYT, México.
- Donaldson, L., 1996. "The normal science of structural contingency theory". en S. Clegg, C.Hardy, y W.Nord (eds.), *Handbook of Organization Studies*. Sage, Gran Bretaña.
- Dosi, G. (1984), *Technical Change and Industrial Transformation*, Macmillan Press, London.
- \_\_\_\_\_ (1988), "The nature of the innovative process" en Dosi, G. et. Al (Editors), *Technical Change and Industrial Transformation*, Pinter Publishers, Reino Unido.
- \_\_\_\_\_, Pavitt, K., y L. Soete (1993), *La economía del cambio técnico y el comercio internacional*, SECOFI-CONACYT, México.
- Du Gay , P. (1996), *Consumption and identity at Work*, Sage, Londres.
- Elliott, B. (ed.) (1986), *Technology and Social Process*, Edimburg University Press, Edimburgo.
- Engelsman, E.C. Y Van Raan, A.F.J. (1994), "A patent based cartography of technology", *Research Policy-Elsevier Science B.V.*, num. 23, North-Holland
- Enos, J.L. (1962), *Petroleum Progress and Profits. A history of process innovation*, MIT Press, Cambridge.

- Fisher, F. y C. Sianni (eds.) (1984), *Critical Studies in Organization and Beurocracy*, Temple University Press, Philadelphia.
- Foucault, M. (1977), "Verdad y poder", en Foucault, M., *Microfísica del poder*, La Piqueta, Madrid.
- \_\_\_\_\_ (1978), *La imposible prisión: debate con M. Foucault*, Anagrama, Barcelona.
- \_\_\_\_\_ (1979), "El nacimiento de la biopolítica", *Archipiélago* Vol. 8 num. 30.
- \_\_\_\_\_ (1983), "Qué es la Ilustración?", en Foucault, M., *Saber y verdad*, La Piqueta, Madrid.
- \_\_\_\_\_ (1984), "La ética del cuidado de uno mismo como práctica de libertad", en Foucault, M., *Hermeneútica del sujeto*, La Piqueta, Madrid.
- Freeman, Ch. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, 2nd Edition, Frances Pinter, London.
- Galaz, Yamasaki y Ruiz Urquiza (2004), "CFE: Estados financieros al 31 de diciembre de 2003", Deloitte, México.
- GATT (1991), Acuerdo sobre Aspectos de Comercio Relacionados con los Derechos de Propiedad Intelectual, Anexo IC, Génova.
- Gibbons, M., et al. (1994 SAGE; 1997, Poderes-Corredor), *La nueva producción de conocimiento; La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*, Ediciones Pomares-Corredor, Barcelona.
- Gonard, T. (1999), "The process of change in relationships between public research and industry: two case studies from France", *R & D Management* Vol. 29, num. 2, UK-USA.
- Gould. D y W. Gruben (1995) "El Papel de los Derechos de la Propiedad Intelectual en el Crecimiento Económico", *Economía Mexicana Nueva Época*, núm. 2, Vol. IV, Segundo Semestre.
- Gouldner, A.W. (1954), *Patterns of Industrial Bureaucracy*, The Free Press, New York.
- Grandori, A. y G. Soda (1995), "Inter Firm Networks: antecedents, mechanisms and forms", *Organization Studies* Vol. 16, num. 2.
- Griliches, Z. (1990), "Patent statistics as economic indicator: A survey", *Journal of Economic Literature*, Vol. 28, No. 4.
- Gupta, A. K., Bhojwani, H. R., Koshal, R. y M. Koshal (2000), "Managing the process of market orientation by publicly funded laboratories: the case of CSIR, India", *R & D Management* Vol. 30 num. 4, UK-USA.
- Hamlin, CH. (1992), "Reflexivity in technology Studies: Toward a technology of technology (and Science)", *Social Studies of Science*, Vol.22, SAGE, London,, Newbury and New Delhi.

- Hannan, M.T. y J. Freeman (1977), "The population ecology of organizations", *American Journal of Sociology* Vol. 82 num. 5.
- Ibarra, E. (1994), "Organización del trabajo y dirección estratégica; Caracterización de la evolución de los paradigmas gerenciales", en L. Montaña (ed.), *Argumentos para un debate sobre la modernidad; Aspectos organizacionales y económicos*, UAM-I, México.
- \_\_\_\_\_ (2000), "Los saberes sobre la organización: etapas, enfoques y dilemas", en C. A. Castillo Mendoza (ed.), *Economía, organización y trabajo; Un enfoque sociológico*, Ediciones Pirámide, México.
- Jaffe, A.; Henderson, R. y Trajtenberg, M. (1992) *Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations*, NBER 3993 Cambridge, Massachusetts
- Knights, D. y H. Willmott (1990), *Labour Process Theory*, Macmillan, Londres.
- Knorr-Cretina, (1977), "Los estudios etnográficos del trabajo científico: hacia una interpretación constructivista de la ciencia" en *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Latour B. (1983), "Dádme un laboratorio y moveré el mundo", en Iranzo, Et. al., Coordinadores (1995), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- \_\_\_\_\_ y S. Woolgar (1979, 1995), *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*, Alianza Universidad, Madrid.
- Law, J. (1992), "Notes on the Theory of Actor Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity", Lancaster University, Centre for Science Studies, UK.
- \_\_\_\_\_ (1994), *Organizing Modernity*, Blackwell Publishers, Oxford, UK and Massachusetts, USA.
- \_\_\_\_\_ (2000), "Networks, Relations, Cyborgs: on the social study of technology", Lancaster University, UK.
- \_\_\_\_\_ y D. French (1974) "Sociología normativa e interpretativa de la ciencia" en Iranzo, Et. al., Coordinadores (1995), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Lawton S., H. (1997), "Adjusting the roles of national laboratories: some comparisons between UK, French and Belgian institutions", *R & D Management* Vol. 27, num. 4, UK-USA.
- Lotka, A.J. (1926), "The frequency distribution of scientific productivity", *The Journal of the Washington Academy of Sciences*, num. 16.
- Lustig, N. (1989), *Evolución del gasto público en ciencia y tecnología, 1980-1987*, Academia de Investigación Científica, México.
- March, J. (1996), "Continuity and change in theories of organizational action", *Administrative Science Quarterly* Vol. 41, num. 2.

- \_\_\_\_\_ y H. A. Simon (1958), *Teoría de la Organización*, Ariel, Barcelona.
- \_\_\_\_\_ y J. Olsen, (1976), *Ambiguity and Choice in Organizations*, Bergen, Univeritetsforlaget.
- Martin, J. y P. Frost (1996), “The organizational culture war games: a struggle por intellectual dominance”, en S. Clegg, C.Hardy, and W.Nord (eds.), *Handbook of Organization Studies*. SAGE, Gran Bretaña.
- Marx, K. (1975, 1981), *El Capital*, Novena edición, Siglo XXI Editores, México.
- Mayo, E. (1933), *Problemas humanos de una civilización industrial*, Nueva Visión, Buenos Aires.
- Mayo, E. (1945), *The Social Problems of Industria Civilization*, Arno Press, Nueva York.
- Medina, E. (1995), “La polémica internalismo-externalismo en la historia y la sociología de la ciencia” en Iranzo, Et. al., Coordinadores (1995), *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Merton, R. K. (1952), “Estructura burocrática y personalidad”, en Merton, R., *Teoría y estructuras sociales*, Fondo de Cultura Económica, México.
- \_\_\_\_\_ (1957a), *Social Theory and Social Structure*, The Free Press, New York.
- \_\_\_\_\_ (1957b) “Las prioridades en los descubrimientos científicos”, en R. K. Merton (Ed.) (1985), *La sociología de la ciencia*, Alianza, Vol. 2, Madrid.
- Meyer J. y B. Rowan (1996). “Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony” en *American Journal of Sociology* num. 83.
- Mouzelis, N. P. (1967), *Organization and Bureaucracy: an analysis of modern theories*, Aldine de Gruyter, New York.
- Mulkay, M. (1979) “La visión sociológica habitual de la ciencia”, en *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Narin, F. y N. Elliot (1987) “Patents as indicators of corporate technological strenght”, *Research Policy-Elsevier Science B.V.* Vol. 16 North-Holland.
- Nelson R., (1993), *National Systems of Innovation*, Oxford University Press, Oxford
- \_\_\_\_\_ y S. Winter (1982), *An evolutionary theory of economic change*, Belknap-Harvard University Press, Cambridge.
- Nohria, N. y R. Eccles (eds) (1992), *Networks and Organizations: Structure, Form and Action*, Harvard Business School Press, Boston.
- Nonaka, I. y H. Takeuchi (1995), *La organización creadora de conocimiento; Cómo las compañías japonesas crean la dinámica de la innovación*, Oxford University Press, EUA.

- OECD (1992) "OECD Proposed guidelines for collecting and interpreting technological innovation data". *Oslo Manual*, OECD, Paris.
- \_\_\_\_ (1993) "Proposed standard practice for surveys of research and experimental development". *Frascati Manual*, OECD, 5ª. Ed., Paris.
- \_\_\_\_ (1994), *Using Patent Data as Science and Technology Indicators: Patent Manual*, OCDE/GD Vol. 94, num. 114, Paris.
- \_\_\_\_ (1995) Protection of Intellectual Property in Central and Eastern European Countries (Bulgarias, Hungary, Poland and Romania), Paris, OCDE
- \_\_\_\_ (1997) *Main Science and Technology Indicators*, 1997/1 and 1997/2, Paris, OECD.
- \_\_\_\_ (2001), "The Evolution of Public Sector Laboratories in Europe", OECD, Paris.
- \_\_\_\_ (2002a), "Steering and Funding of Research Institutions Country Report: United States", OECD, Paris.
- \_\_\_\_ (2002b), "Steering and Funding of Research Institutions Country Report: Germany", OECD, Paris.
- \_\_\_\_ (2002c), "Steering and Funding of Research Institutions Country Report: Japan", OECD, Paris.
- \_\_\_\_ (2002d), "Steering and Funding of Research Institutions Country Report: Hungary", OECD, Paris.
- \_\_\_\_ (2002e), "Steering and Funding of Research Institutions Country Report: United Kingdom", OECD, Paris.
- Olazaran, M. (1995) "De la sociología de la ciencia a la sociología de la tecnología", en *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- OMPI (1970), *Tratado de Cooperación de Patentes*, Washington D. C.
- Ordover, J. (1991), "A Patent System For Both Diffusion and Exclusion", *Journal of Economics Perspectives*, Vol. 5, Num. 1.
- Parsons, T. (1937), *La estructura de la acción social* (2 volúmenes), Guadarrama, Madrid.
- \_\_\_\_ (1966), "La teoría de las organizaciones desde el punto de vista sociológico" en *Estructura y proceso en las sociedades modernas*, Instituto de Estudios Políticos, Madrid.
- Patel, P. (1987), "Uses and abuses of patent statistics", *Scientometrics*, núm.2, vol. 7, SPRU-ESRC, UK.
- \_\_\_\_ (1991), "Políticas de la ciencia y la tecnología para reanudar el desarrollo de América Latina", *Comercio Exterior*, núm. 11, vol. 41, Noviembre.
- \_\_\_\_ (1993), "Patterns of technological activity: their measurement and interpretation", SPRU, University of Sussex, UK.

- Pauchant, T.C., et. al. (1995), *In Search of Meaning; Managing for the health of our Organizations., Our Communities and Our Natural World*, Jossey-Bass, San Francisco.
- Penrose, E. (1959), *The Theory of the Growth of the Firm*, Basil Blackwell, Oxford.
- PEMEX (2004a), Resultados Financieros 2003, www.pemex.com.
- \_\_\_\_\_ (2004b), Anuario Estadístico 2003, www.pemex.com.
- Pérez, P. (2002), "Manual para neófitos sobre procesos catalíticos y catalizadores", Documento Interno, Grupo de Investigación sobre Catalizadores, IMP-UAM Xochimilco.
- Pérez, R. (1992), "Las nuevas tecnologías y la ley mexicana de propiedad industrial de 1991", *Alegatos*, núm.20, Vol. 43, UAM-Azcapotzalco.
- Peters, T. y R. Waterman (1992), *En busca de la excelencia*, Lasser Press, México.
- Petrotecnia (2001), "Investigación y desarrollo: experiencias regionales", *Petrotecnia*, Febrero.
- Pfeffer, J. y G. Salanick (1978), *The External Control of Organizations; A Resource Dependence Perspective*, Harper y Row, Nueva York.
- Pinch, T. J. y W. Bijter (1984), "The Social Construction of Facts and Artifacts; or how the Sociology of Science and the Sociology of Technology might benefit from each other" *Social Studies of Science*, Vol. 14, SAGE, -London, Newbury Park, New Delhi-.
- Polanyi, M. (1983, 1966), *The Tacit Dimension*, Peter Smith, EUA.
- Powell, W.W. (1990), "Neither market nor hierarchy: network forms of organization", en Frances, et al., *Markets, Hierarchies and networks. The Coordination of Social Life*, SAGE, Londres.
- \_\_\_\_\_ y P. Dimaggio (1991), "Retorno a la jaula de hierro. El isomorfismo institucional y la racionalidad colectiva en los campos organizacionales", en Powell, W. W. y P. Dimaggio. *El nuevo institucionalismo en el análisis organizacional*, University of Chicago Press, Chicago.
- Pugh, D.S. y D. Hickson (eds.) (1963-1972), *Organization Structure in its Context, The Aston Program I*, Saxon House, Farnborough, Hants.
- Ramírez Corredores, M. M. (2000), "Catalysis research in Latin America", *Applied Catalysis A: General*, Num 197.
- Rabó, Jule A. (1994) "Chapter 1: Catalyst Overview" en *Catalysts Today*, num. 22, Elsevier, North Holland.
- Rath, A. (1998), *Towards greater effectiveness of industrial research institutions: some tools and trends*, New Age International (P) Limited, Publishers, India.
- Reed, M. (1996), "Organizational theorizing; a historically contested terrain" en Clegg, S., C. Hardy, y W.R. Nord, *Handbok of Organization Studies*, 31-56.

- Roethlisberger, F. y W. Dickson (1939), "An industrial organization as a social system", en *Management and the Worker*, Harvard University Press, Cambridge.
- Rojas, J. A. (1998), "Notas para analizar la caída de precios del petróleo", *Economía Informa*, núm. 267., Mayo, México.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the black box, Technology and Economics*, Cambridge University Press.
- Rush, H., et al. (1998), "Strategic planning in research and technology institutes" en *R & D Management* Vol. 28, num. 2, UK-USA
- \_\_\_\_\_, et al. (1996), *Technology Institutes: strategies for best practice*, International Thomson Business Press, London.
- Schmoch, U. (1996), "International Patenting Strategies of Multinational Concerns: The Example of Telecommunications Manufacturers", en *Innovation, Patents and Technological Strategies*, Paris, OECD.
- Schooter, A. (1998), *Microeconomía: un enfoque moderno*, CECSA, México.
- Schott (1994) "Collaboration in the invention of technology: globalisation, regions and centres", *Social Science Research*, Vol.23.
- Schulze, A. (1990), "On the Rise of Scientific Innovations and Their Acceptance in Research Groups: A Socio-Psychological Study", *Social Studies of Science* Vol. 20.
- Schwartzman, H. B. (1993), *Ethnography in Organizations, Qualitative Research Methods*, SAGE, EUA.
- Scott, W.R. (1987), "The adolescence of institutional theory", *Administrative Science Quarterly* Vol. 32.
- Secretaría de Energía (2000), *Manual de organización general de las entidades paraestatales 2000, Sector Energía*, Secretaría de Energía, México.
- Selznick, P. (1949), *TVA and the Grass Roots: A Study in the Sociology of Formal Organization*, University of California Press, Berkeley.
- Serrano, F. (1992), *La Propiedad Industrial en México*, Porrúa, México.
- Silverman, D. (1970, 1975), *Teoría de las organizaciones*, Nueva Visión, Buenos Aires.
- \_\_\_\_\_, (1994), "On the throwing away ladders: re-writing the theory of organization", en Hassard, J. y M. Parker, *Towards A New Theory of Organizations*, Routledge, Londres.
- Simon, H. A. (1947, 1988), *El comportamiento administrativo*, Aguilar, Buenos Aires.
- Sismondo, S. (1993), "Some Social Constructions", *Social Studies of Science*, Vol. 23, SAGE, -London, Newbury Park, New Delhi-.

- Smircich, L. y B. Calas, (1987), "Organizational Culture: a critical assesment", en Jablin, F.M. et.al., *Handbook of Organizational Communication. An Interdisciplinary Perspective*, SAGE, Newbury Park.
- \_\_\_\_\_ y B. Calás (eds.) (1995), *Critical Perspectives on Organization and Management Theory*, Dartmouth Publishing Company, Hampshire.
- Smith, J. (2000), "From R & D to strategic knowledge management: transitions and challenges for national laboratories", *R & D Management* Vol. 30 num. 4, UK-USA.
- Smith, V. (1994), "El legado de Braverman. La tradición del proceso de trabajo veinte años más tarde", en *Sociología del Trabajo* Vol. 10 num. 26.
- Schmoch,U.(1993) "Tracing the knowledge transfer from science to technology as reflected in patent indicators", *Scientometrics*, Elsevier Science B.V. Vol.26-I, Amsterdam-Oxford-New York-Tokyo.
- Solleiro, J. L. (1976), "Propiedad y patentes, el caso de México", *Comercio Exterior*, Vol. 26, núm. 8, agosto.
- \_\_\_\_\_ (1985), *Manual Universitario de Propiedad Industrial*, UNAM, México.
- \_\_\_\_\_ (1996), "Propiedad intelectual: ¿promotor de la innovación o barrera de entrada?", en *Posibilidades para el desarrollo tecnológico del campo mexicano*, Cambio XXI-CIT, IIE-PU, México.
- Taylor, F.W. (1903, 1972), *Shop Management*, Greenwood Press, Westport, Connecticut.
- \_\_\_\_\_ (1911, 1980), *Principios de administración científica*, El Ateneo, Buenos Aires.
- Teece, D.J., G. Pisano, y A. Shuen (1997), "Dynamic Capabilities and Strategic Management" en *Strategic Management Journal*, Vol. 18, num. 7.
- Thompson, C.B. (1914, 1993), *Scientific management: A Collection of the more Significant Articles describing the Taylor System of Management, The Development of Management Science*, Routledge/Thoemmes Press, Londres.
- Unger, K. (1977), "Algunas observaciones sobre transferencia de tecnología en dos sectores de manufacturas", *El Trimestre Económico*, núm.174, Vol. XLIV.
- \_\_\_\_\_ (1990), *Las exportaciones mexicanas ante la reestructuración industrial internacional. La evidencia de las industrias química y automotriz*, FCE y Colegio de México, México.
- \_\_\_\_\_ (1993), "Productividad, desarrollo tecnológico y competitividad exportadora en México" *Economía Mexicana, Nueva Época*, núm. 1, Vol. II, enero-junio.
- \_\_\_\_\_ (1994), *Ajuste Estructural y Estrategias Empresariales en México, Las industrias petroquímica y máquinas herramientas*, CIDE, México.

- United Nations Centre on Transnational Corporations (UNCTC) (1990), *New Issues in the Uruguay Round of Multilateral Trade Negotiations*, United Nations publication, Sales núm. E.92.II. A.15.
- \_\_\_\_\_ (1992), *The Determinants of Foreign Direct Investment: A Survey of the Evidence*, United Nations publication, Sales núm. E.92.II.A.2.
- \_\_\_\_\_ (1993), *Intellectual Property Rights and Foreign Direct Investment*, United Nations publications.
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD) (1986), *Periodic report 1986: policies, laws and regulations on transfer, application and development of technology*, (TD/B/C.6/133) July.
- United Nations, Transnational Corporations and Management Division (1992), *World Investment Report 1992: Transnational Corporations as Engines of Growth*, United Nations publication, Sales núm. E.92.II.A.19.
- United States International Trade Commission (USITC) (1988), *Foreign Protection of Intellectual Property Rights and the Effect on U.S. Industry and Trade*, Washington, D.C.
- United States, Office of Technology Assessment (OTA) (1986), *Intellectual Property Rights in an Age of Electronics and Informatics*, Washington, D.C.
- Vaistos, C. (1973), "La función de las patentes en los países en desarrollo", en *El Trimestre Económico*, núm.157, vol. XL.
- Van Den Daele, W. (1977), "The Social Construction of Science: Institutionalisation and Definition of Positive Science in the Latter Half of the Seventeenth Century" in Mendelson, Et.al., Editors (1977), *The Social Production of Scientific Knowledge*, Reidel Publishing Company, Holland-USA.
- Weber, M. (1999, 1922), *Economía y Sociedad*, Fondo de Cultura Económica, México.
- Weick, K. E. (1976), "Educational organizations as loosely coupled systems". *Administrative Science Quarterly* Vol. 21, num. 1.
- Whelan, R. C. (2000), "Management of scientific institutions NPL 1995-98: the transition from agency to government-owned contractor operated (GOCO), en *R & D Management* Vol. 30 num. 4, UK-USA.
- Whitley, R.D. (1977a), "The Sociology of Scientific Work and the History of Scientific Developments", in Blume, S., Editor (1977), *Perspectives in the Sociology of Science*, John Wiley and Sons, Chichester, New York, Brisbane and Toronto.
- \_\_\_\_\_ (1977b), "Changes in the Social and Intellectual organization of the Sciences: Professionalisation and Arithmetic Ideal", in Mendelson, Et.al.,

- Editors (1977), *The Social Production of Scientific Knowledge*, Reidel Publishing Company, Holland-USA.
- Williamson, O.E. (1975), *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*, Free Press, Nueva York.
- Woodward, J. (1958), *Management and Technology*, HMSO, Londres.
- Woolgar, S. (1982), “Los estudios de laboratorio, un comentario sobre el estado de la cuestión”, en *Sociología de la Ciencia y la Tecnología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid.
- Zald, M.N. (ed.) (1970), *Power in Organizations*, Vanderbilt University Press, Tennessee.

## **2. Otras fuentes de información**

### *2.1. Legislación*

- Diario Oficial de la Federación (1965), “Decreto que Crea el Instituto Mexicano del Petróleo como Organismo Descentralizado”, Secretaría de Gobernación (Agosto 26, 1965), México.
- \_\_\_\_\_ (1972), “Ley orgánica del Instituto Nacional de Energía Nuclear”, Secretaría de Gobernación (Enero 12, 1972), México.
- \_\_\_\_\_ (1975), “Decreto por el que se crea el Instituto de Investigaciones Eléctricas”, Secretaría de Gobernación (Diciembre 1º, 1975), México.
- \_\_\_\_\_ (1979), “Ley reglamentaria del Artículo 27º Constitucional en Materia Nuclear”, Secretaría de Gobernación (Enero 26, 1979), México.
- \_\_\_\_\_ (1985), “Ley reglamentaria del Artículo 27º Constitucional en Materia Nuclear”, Secretaría de Gobernación (Febrero 4, 1985), México.
- \_\_\_\_\_ (1993), “Ley de Adquisiciones y Obras Públicas”, Secretaría de Gobernación (Diciembre 23, 1993), México.
- \_\_\_\_\_ (1994), “Decreto que reforma, adiciona y deroga diversas disposiciones de la Ley Orgánica de la Administración Pública (IMTA)”, Secretaría de Gobernación (Diciembre 28, 1994), México.
- \_\_\_\_\_ (1999), “Decreto por el que se expide la Ley de Fomento Científico y Tecnológico”, Secretaría de Gobernación (Mayo 21, 1999), México.
- \_\_\_\_\_ (2000a), “Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas”, Secretaría de Gobernación (Enero 4, 2000), México.
- \_\_\_\_\_ (2000b), “Acuerdo por el cual se reconoce al Instituto Mexicano del Petróleo como Centro Público de Investigación”, Secretaría de Gobernación (Agosto 18, 2000), México.
- \_\_\_\_\_ (2001a), “Decreto por el que se creó el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua”, Secretaría de Gobernación (Octubre 21, 2001), México.

- \_\_\_\_\_ (2001b), “Decreto por el que se modifica el diverso por el que se creó el Instituto Mexicano del Petróleo publicado el 26 de agosto de 1965”, Secretaría de Gobernación (Octubre 21, 2001), México.
- \_\_\_\_\_ (2001c), “Se modifica el Decreto publicado en el Diario Oficial de la Federación del 1° de diciembre de 1975, mediante el cual se creó el Instituto de Investigaciones Eléctricas”, Secretaría de Gobernación (Octubre 21, 2001), México.
- \_\_\_\_\_ (2002), “Decreto por el que se expiden la Ley de Ciencia y Tecnología y la Ley Orgánica del CONACYT”, Secretaría de Gobernación (Junio 5, 2002), México.
- Secretaría de Gobernación (Diciembre 23, 1993), Diario Oficial de la Federación, “Ley de Adquisiciones y Obras Públicas”, México.
- \_\_\_\_\_ (Enero 4, 2000), Diario Oficial de la Federación, “Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las mismas”, México.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917 y Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional.
- SECOFI (1993), Tratado de Libre Comercio para América del Norte, Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, Poder Ejecutivo Federal, México.

## *2.2. Documentos del IMP*

- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) (1976), 10 Años de trabajo en el IMP, Publicación de aniversario, México.
- \_\_\_\_\_ (1980), Manual general de organización, IMP-GA-UOM, México, Febrero.
- \_\_\_\_\_ (1983), Manual general de organización, IMP-CPOP, México, Mayo.
- \_\_\_\_\_ (1988), Logros 1982-1988, IMP, México.
- \_\_\_\_\_ (1990a), 25 años de investigación y desarrollo tecnológico al servicio de la industria petrolera, Publicación de aniversario, México.
- \_\_\_\_\_ (1990b), Tecnología y servicios integrados para la modernización de la industria nacional, Publicación de aniversario, México.
- \_\_\_\_\_ (1994), Informe de labores, 1993-1994, IMP, México.
- \_\_\_\_\_ (1993), "Número Especial" en Gaceta IMP; Órgano Informativo Interno, México, Septiembre, Año IX, No. 120.
- \_\_\_\_\_ (1995) Análisis estadístico de las actividades y recursos del IMP, CIP-UIPE, México.
- \_\_\_\_\_ (1997), “Estadísticas del personal del IMP 1996,” IMP Dirección General- Coordinación de investigación y planeación-Unidad de programación, información y estadísticas, México.

- \_\_\_\_\_ (1998a), “Panorama actual del área de catalizadores del IMP. Análisis retrospectivo y prospectivo de la línea de negocios de catalizadores del IMP”, Subdirección de Transformación Industrial, Abril.
- \_\_\_\_\_ (1998b), “Línea de investigación y desarrollo en catalizadores”, Subdirección de Transformación Industrial, Octubre.
- \_\_\_\_\_ (1999a), Informe de actividades 1999, IMP – SDPDI-Gerencia de evaluación, México.
- \_\_\_\_\_ (1999b), “Análisis estadístico de las actividades y recursos 1998, IMP – DG-SDPDI-Gerencia de Evaluación, México,”
- \_\_\_\_\_ (1999c), Plan Estratégico Institucional 1999-2003, IMP, México,
- \_\_\_\_\_ (1999d), “El cambio organizacional en el IMP“, Documento interno de divulgación, IMP.
- \_\_\_\_\_ (1999e), Trabajo en equipo en el IMP: Diagnóstico sobre la situación actual en el IMP, Presentación al Comité Directivo, IMP, México, Octubre 25.
- \_\_\_\_\_ (2000a), Manual general de organización del IMP, IMP-DEPDI-GDI, México.
- \_\_\_\_\_ (2000b), "Estructura organizacional 2000" en Gaceta IMP; Órgano Informativo, México, abril 3, segunda época, Año III, Número 89.
- \_\_\_\_\_ (2000c), “Nueva estructura organizacional del IMP“, Documento interno de divulgación, IMP.
- \_\_\_\_\_ (2000d), “Bienvenido al Instituto Mexicano del Petróleo”, Publicación publicitaria, México.
- \_\_\_\_\_ (2000e), Informe de labores, 1999-2000, IMP, México.
- \_\_\_\_\_ (2000f), Memoria de labores 1999, IMP - Gerencia de evaluación, México.
- \_\_\_\_\_ (2000g), La investigación en el Instituto Mexicano del Petróleo, IMP, México.
- \_\_\_\_\_ (2000), Los programas estratégicos de Investigación del Instituto Mexicano del Petróleo, IMP, México
- \_\_\_\_\_ (2001a), “Proceso de reclutamiento y selección”, Documento Interno, México.
- \_\_\_\_\_ (2001b), “Proceso de evaluación del desempeño, Documento Interno, México, Noviembre.
- \_\_\_\_\_ (2001c), “Proceso de evaluación de caracterización”, Documento Interno, México.
- \_\_\_\_\_ (2001d), “Proceso de desarrollo de carrera”, Documento Interno, México
- \_\_\_\_\_ (2001e), “Proceso de tripulación”, Documento Interno, México.
- \_\_\_\_\_ (2001f), “Plan integral de implantación”, Documento Interno, México.
- \_\_\_\_\_ (2001g), “Procesos de recursos humanos”, Documento Interno, México.

- \_\_\_\_\_ (2001h), "Avances en el rediseño de competencias", Documento Interno, México.
- \_\_\_\_\_ (2001i), Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025, IMP, México.
- \_\_\_\_\_ (2002a), Plan Estratégico Institucional 2002-2006, IMP, México, Octubre, 41p.
- \_\_\_\_\_ (2002b), "Plan de negocios 2002-2006" en Gaceta IMP, México, 25 de febrero.
- \_\_\_\_\_ (2003) Informe del Director General en CLII Sesión Ordinaria del H. Consejo Directivo, 14 de mayo, México.
- \_\_\_\_\_ y A. D. Little (2001), "Estatus del apoyo a la red de competencias y entregables a la fecha", Documento Interno, México, Julio 30.
- \_\_\_\_\_ y Battelle Northwest Laboratory (2000), "Introduction to Technical Intelligence", Documento Interno, México, Mayo 15.
- \_\_\_\_\_ -STI (1997), "Programa de simulación y optimización de procesos", Documento Interno de la Subdirección de Transformación Industrial.
- \_\_\_\_\_ -STI (1998a), Panorama actual del área de catalizadores del IMP. Análisis retrospectivo y prospectivo de la línea de negocios de catalizadores del IMP, IMP-STI, México, abril.
- \_\_\_\_\_ -STI (1998b), Línea de investigación y desarrollo en catalizadores, IMP-STI, México, octubre.
- González B., B. (2002), "Las competencias sustentan la capacidad tecnológica de la institución" en Gaceta IMP, México, febrero.
- Martínez R., J. (1985), "Origen y actualidad del IMP; quien dijo que veinte años no es nada..." Gaceta IMP, México, marzo.
- Palacio R., V. (2002), "Se presenta el plan de negocios 2002-2006" en Gaceta IMP, México, febrero.

### *2.3. Entrevistas*

- Figueroa Ramírez, B. S. y B. Medellín (2002), "Entrevista con el Q. I. Blanca Medellín: Investigadora Competencia de Catálisis del IMP", en Figueroa R., B., Diario de Campo IMP-Catálisis, 2001-2002: Entrevistas y Comentarios, MEGCT-UAM Xochimilco, México, 2003.,
- \_\_\_\_\_ y Vital, L. (2002), "Entrevista con el Ing. Lizbeth Vital Coordinadora de Proyectos en el Área de Comercialización del IMP", en Figueroa R., B., Diario de Campo IMP-Catálisis, 2001-2002: Entrevistas y Comentarios, MEGCT-UAM Xochimilco, México, 2003.

- \_\_\_\_\_ y Martínez V. H. (2002), “Entrevista con el Ing. Víctor Hugo Martínez: Jefe de Proyecto del Área de Comercialización, Competencia de Catálisis del IMP”, en Figueroa R., B., *Diario de Campo IMP-Catálisis, 2001-2002: Entrevistas y Comentarios, MEGCT-UAM Xochimilco, México, 2003.*
- \_\_\_\_\_ y Galván, E. (2002), “Entrevista con la Ing. Ernesto Galván: Investigador del IMP”, en Figueroa R., B., *Diario de Campo IMP-Catálisis, 2001-2002: Entrevistas y Comentarios, MEGCT-UAM Xochimilco, México, 2003.*
- \_\_\_\_\_ y Cortéz de la Paz, M. T. (2002), “Entrevista con la Ing. María Teresa Cortéz Paz: Coordinadora de Proyectos de Catalizadores del IMP”, en Figueroa R., B., *Diario de Campo IMP-Catálisis, 2001-2002: Entrevistas y Comentarios, MEGCT-UAM Xochimilco, México, 2003.*
- \_\_\_\_\_ y Vega, P. (2002), “Entrevista con el Ing. Pedro Vega: Representante del Área de Servicio Técnico”,
- Soria, M. (2004), *Diario de Campo: Entrevistas con Investigadores y Funcionarios del Instituto Mexicano del Petróleo y del Área de Catálisis, 2001-2003, Doctorado en Estudios Organizacionales, UAM Iztapalapa, México.*
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2001a), “Entrevista 1 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Octubre 8.
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2001b), “Entrevista 2 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Octubre 10
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2001c), “Visita a los laboratorios y plantas piloto con el maestro Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Octubre 16.
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2001d), “Entrevista 3 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Octubre 20.
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2002a), “Entrevista 4 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Febrero 18.
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2002b), “Entrevista 5 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Junio 7
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2002c), “Entrevista 6 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Junio 14
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2002d), “Entrevista 7 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Octubre 8.
- \_\_\_\_\_ y Beltrán, T. (2002e), “Entrevista 8 con Tomás Beltrán Oviedo, Investigador Área de Catálisis”, IMP, México, Octubre 10.
- \_\_\_\_\_ y Bermúdez, O. (2002), “Entrevista 1 con el Mto. Oscar Bermúdez Mendizábal, Gerente de Solución de Catalizadores”, IMP, México, Marzo 25,

- \_\_\_\_\_ y Bermúdez, O. (2003), “Entrevista 2 con el Mto. Oscar Bermúdez Mendizábal, Gerente de Solución de Catalizadores”, Junio 20,
- \_\_\_\_\_ y Pérez, P. (2001), “Entrevista 1 con la Dra. Patricia Pérez Romo; Investigadora en la Competencia de Catálisis”, IMP, Octubre 10.
- \_\_\_\_\_ y Pérez, P. (2003a), “Entrevista 2 con la Dra. Patricia Pérez Romo; Investigadora en la Competencia de Catálisis”, IMP, Abril 7.
- \_\_\_\_\_ y Pérez, P. (2003b), “Entrevista 3 con la Dra. Patricia Pérez Romo; Investigadora en la Competencia de Catálisis”, IMP, Mayo 18.
- \_\_\_\_\_ y Pérez, P. (2003c), “Entrevista 4 con la Dra. Patricia Pérez Romo; Investigadora en la Competencia de Catálisis”, IMP, Octubre 20.
- \_\_\_\_\_ y Rodríguez, L. M. (2001a) “Entrevista 1 con el Dr. Luis Miguel Rodríguez; Gerente de Proyectos PEMEX Refinación en Salamanca”, México, Octubre 16.
- \_\_\_\_\_ y Rodríguez, L. M. (2001b) “Entrevista 2 con el Dr. Luis Miguel Rodríguez; Gerente de Proyectos PEMEX Refinación en Salamanca”, México, Octubre 17.
- \_\_\_\_\_ y Rodríguez, L. M. (2003), “Entrevista 3 con el Dr. Luis Miguel Rodríguez; Gerente de Proyectos PEMEX Refinación Corporativo”, México, Octubre 2.
- \_\_\_\_\_ y Zarate, R. (2001), “Entrevista 1 con el Mto. René Zarate Ramos; Jefe de Proyectos de Investigación Aplicada”, IMP, México, Mayo 11.
- \_\_\_\_\_ y Zarate, R. (2002) “Entrevista 2 con el Mto. René Zarate Ramos; Jefe de Proyectos de Investigación Aplicada”, IMP, México, Abril 12.
- \_\_\_\_\_ y Zarate R., R. (2002) “Entrevista 3 con el Mto. René Zarate Ramos; Jefe de Proyectos de Investigación Aplicada”, IMP, México, Junio 21.
- \_\_\_\_\_ y Cortéz, M. T. (2003), “Entrevista con la Ing. María Teresa Cortéz Paz; Investigadora y Coordinadora de Proyectos de Solución de Catalizadores del IMP”, México, Junio 20.
- \_\_\_\_\_ y Guzmán, L. (2003), “Entrevista con la Dra. Lourdes Guzmán; Investigadora en Proyectos de Solución de Catalizadores FCC del IMP”, México, Junio 20.
- \_\_\_\_\_ y García-Colín S., L. (2003), “Entrevista con el Dr. Leopoldo García-Colín Scherer; Ex funcionario de investigación del IMP”, UAM Iztapalapa, México, Junio 25.
- \_\_\_\_\_ y Hernández, R. (2001), Entrevista con la Maestra Rafaela Hernández Hernández, Coordinadora de Solicitudes de Patentes del IMP”, México, Octubre 20.
- \_\_\_\_\_ y Manjarréz, A. (2003), “Entrevista con el Dr. Armando Manjarréz Martínez; Ex funcionario e investigador del IMP”, Director del Centro de

Investigación y Desarrollo Tecnológico de ROTOPLAS, Coyoacán, D. F., México, Agosto 1.

\_\_\_\_\_ y Ramírez, S (2002), “Entrevista con el Dr. Sergio Ramírez Amador; Servicios Tecnológicos de Catalizadores del IMP”, México, Junio 25

\_\_\_\_\_ y Schatt, L. (2003), “Entrevista con la M. en C. Leticia Schatt; Investigadora invitada como becaria a un proyecto de investigación básica en la Competencia de Catálisis”, IMP, Abril 7.

\_\_\_\_\_ y Schifter, I. (2003), “Entrevista con el Dr. Isaac Schifter Secora; Ejecutivo de Competencia en el Programa de Medio Ambiente”, IMP, México, Agosto 25.

#### *2.4. Aboites, J. y M. Soria*

Aboites, J. y M. Soria (1990), "El sistema de patentes en México", Estrategia Industrial, núm. 187, mayo.

\_\_\_\_\_ y M. Soria (1991), "Sistema de patentes en México", La economía mexicana en la década de los ochenta, DPE-UAM Xochimilco.

\_\_\_\_\_ y M. Soria (1993), "El cambio tecnológico y su entorno institucional: La experiencia reciente del sistema de propiedad industrial en México, el caso de las marcas", Anuario de Investigación, Vol. I, DPE-UAM Xochimilco.

\_\_\_\_\_ y M. Soria (1997), “Patentamiento en el largo plazo y modelos de industrialización”, Eseconomía.

\_\_\_\_\_ y M. Soria (1999), *Innovación, propiedad intelectual y estrategias tecnológicas: la experiencia de la economía mexicana*, Miguel Ángel Porrúa y UAM Xochimilco, México.

\_\_\_\_\_, Beltrán, T., Pérez, P. y M. Soria (2003) "Transformación de las relaciones entre PEMEX y el IMP: La experiencia de innovación tecnológica de los catalizadores" Coloquio Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina; 5, 6 y 7 noviembre 2003"

\_\_\_\_\_, Beltrán, T., Pérez, P. y M. Soria (2004), “La transformación de las relaciones tecnológicas entre PEMEX Refinación y el IMP”, FE-UNAM, México.

\_\_\_\_\_, Soria, M. y G. Rosado (2001) “Tendencias del Mercado Mundial de la Refinación de Petróleo y el Posicionamiento de PEMEX-Refinación” en Memoria del XV Congreso de Investigación del Departamento de Producción Económica 2000. UAM-Xochimilco.

\_\_\_\_\_, Soria, M. y G. Rosado (2002) “Trayectorias de patentes y redes de innovación sobre catálisis en México” en Memoria del XVI Congreso de Investigación del Departamento de Producción Económica 2001. UAM-Xochimilco.

- Soria, M. (1995), "Tratado de Libre Comercio: Propiedad intelectual e innovación", Anuario de Investigación, DPE-UAM Xochimilco.
- \_\_\_\_\_ (2001), "Sección: La organización del IMP" en Diario de Campo, México, UAM.
- \_\_\_\_\_ (2002a), "El sistema de refinación mexicano y la catálisis en el IMP: El patrón de solución tecnológico en producción de combustibles", Reporte de Investigación AEII 2002, DPE-UAM Xochimilco, México.
- \_\_\_\_\_ (2002b), La Organización de la innovación tecnológica: la catálisis en el Instituto Mexicano del Petróleo, Segundo Borrador de la Tesis de Grado, Doctorado en Estudios Organizacionales, UAM-Iztapalapa, México.
- \_\_\_\_\_ (2003a), "Organización y Conocimiento para Innovar: la experiencia de los catalizadores en el IMP" Seminario: Organización, Calidad y Certificación Mesa: Calidad, Conocimiento e Innovación; experiencias relevantes, Julio, México, 36 horas"
- \_\_\_\_\_ (2003b), "Patentes y desarrollo de capacidades tecnológicas: la refinación en México, 1980-2001" "XII Semana de la Investigación Científica en la UAM Xochimilco Junio 4 (2003) Unidad Xochimilco"
- \_\_\_\_\_ (2003c), "Cambio institucional en organizaciones públicas de investigación y desarrollo tecnológico, El caso del sector energético mexicano", XVII Congreso Departamental de Investigación, Noviembre 8"
- \_\_\_\_\_ (2003d), "Organizing invention: the technological design of fuel refining catalysts" APROS Annual Meeting, Oaxaca, México, Diciembre 8
- \_\_\_\_\_ (2003e), "Las organizaciones de investigación y desarrollo tecnológico: tendencias recientes", Reporte de Investigación AEII 2003, UAM Xochimilco, México, Julio.
- \_\_\_\_\_ (2004a), "El patrón tecnológico en la industria mexicana de refinación de combustibles", Revista Economía, Teoría y Práctica, UAM, México.
- \_\_\_\_\_ (2004b), Patentes y desarrollo de capacidades tecnológicas: la refinación en México, 1980-2001", UAMX, Libro del 30 Aniversario
- \_\_\_\_\_ (2004c), "Cambio institucional y organizaciones públicas de investigación y desarrollo tecnológico", DPE-UAM Xochimilco, México.

## *2.5. García-Colín Scherer, L.*

Bustamante Vega, L. F. (1990), "Leopoldo García-Colín Scherer; Premio Nacional de Ciencias y Artes, 1988" en Gaceta Politécnica; Suplemento, IPN, México.

García-Colín Scherer, L. (1989) "Prólogo" en Realidad y demagogia en la tecnología mexicana, Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1979) “Nuestra autosuficiencia en materia petrolera” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1978) “La ciencia y la tecnología del petróleo: situación actual y perspectivas futuras en México” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1973) “La investigación científica aplicada” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1970) “La investigación en física en el Instituto Mexicano del Petróleo” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1969a) “Aspectos de la investigación científica aplicada en México” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1969b) “Las ciencias básicas y la tecnología nacional” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

\_\_\_\_\_ (1969c) “La investigación científica y la tecnología del petróleo” en *Realidad y demagogia en la tecnología mexicana* (1989), Premia Editora, México.

## *2.6. Tesis sobre el IMP de maestrías económico y administrativas*

Crait M., A. (2002), “Principales mecanismos para compartir conocimiento: el caso de cuatro grupos de trabajo del Instituto Mexicano del Petróleo”, Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Xochimilco, Diciembre.

Cruz A., B. (1997), “Trayectoria tecnológica de catalizadores en el IMP: un análisis de patentes”; Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Xochimilco, Diciembre.

De Fuentes G., C. (2000), “Influencia del impacto ambiental en la trayectoria tecnológica del área de catálisis del Instituto Mexicano del Petróleo”; Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Xochimilco, Diciembre.

Demere O., M. L. (1977) “El apoyo del IMP la industria petrolera”, Tesis licenciatura, FE-UNAM, México.

Figuroa R., B. S. (2003), “Gestión de los procesos de innovación de catalizadores del IMP” Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Xochimilco, Febrero.

- Gil E., J. L., (1999) “Estructuración de una comunidad científica: el caso de la catálisis”; Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Xochimilco, Diciembre.
- Moreno R., Y. L. (2001), “Estrategia tecnológica y cambio organizacional en el IMP: una propuesta de desarrollo para el futuro”, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, México, octubre
- Rodríguez H., H. (2001), “Trayectoria Innovativa y Estrategias Tecnológicas en los Procesos FCC: un Análisis de Patentes Otorgadas en Estados Unidos 1976-2000”, Maestría en Gestión de Información, Cátedra UNESCO en Gestión de Información. Facultad de Economía. Universidad de La Habana, UAM Xochimilco, Diciembre.
- Zarza, E. (2003), “Estrategia de propiedad intelectual en el área de catálisis del IMP”, Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico, UAM Xochimilco, Abril.

### *2.7. Conferencias, Ponencias, Seminarios*

- Bell, F. y B. Bourgeois (1999), "Innovation direction and persistence within industry: the refining industry processes case", presentado en European Meeting on Applied Evolutionary Economics, Grenoble, France, June 7-9, 1999.
- Beltrán O., T. y R. Zárate R. (2002), “Conferencia de T. Beltrán O. y R. Zárate R. sobre el Área de Catálisis y los Catalizadores en el IMP”, IMP y MEGCT-UAM Xochimilco, México, Abril 12.
- Clegg, Stewart (2001), "Seminario: Doing Organizational Research", UAM Iztapalapa, Posgrado en Estudios Sociales -Laborales- en Soria L., M. (2001), Diario de Campo: Seminarios 2001, UAM Iztapalapa, CSH, Doctorado en Estudios Organizacionales.
- Falabella, E. (2002), “Conferencia de Eduardo Falabella, Consultor de investigación tecnológica de la Fabrica Carioca de Catalizadores, CENPES, Brasil”, en Segundo Taller Latinoamericano de Catalizadores, Venezuela, Septiembre 15.

### *2.8. Reuniones*

- (2001), “Reunión del Grupo de Investigación sobre Catalizadores: J. Aboites A., T. Beltrán O., P. Pérez R. y M. Soria L.”, IMP, México, Octubre 4.

(2003), “Reunión del Grupo de Investigación sobre Catalizadores: J. Aboites A., T. Beltrán O., P. Pérez R. y M. Soria L.”, IMP, México, Junio 20.

*2.9. Bases de datos*

Soria L., M. (2001), “Base de Patentes del Instituto Mexicano del Petróleo, 1967-2000”, IMP-UAM Xochimilco, México, 798 registros.

\_\_\_\_\_ (2001), “Base de Patentes sobre Catálisis del Instituto Mexicano del Petróleo, 1972-2000”, IMP-UAM Xochimilco, México, 163 registros.

\_\_\_\_\_ (2002), “Base de Patentes sobre Catalizadores y Procesos de Refinación y Petroquímica registradas en el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, 1980-2001”, UAM Xochimilco, México, 1009 registros.

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

**Capítulo Uno**  
***Economía, organización y conocimiento tecnológico***

---

Introducción

***1.1 El diseño de la investigación de tesis***

***1.1.1 La organización de la innovación tecnológica de catalizadores del IMP***

*A. Problemática económica e institucional del estudio de caso*

- a. Núcleo endógeno de tecnología: economía y política
- b. Cambio institucional y organizacional
- c. Economía, instituciones y tecnología

*B. El marco conceptual*

*C. Fuentes de conocimiento de la evidencia empírica*

- a. Evidencia empírica y construcción de indicadores
- b. Otras investigaciones de posgrado sobre el IMP y/o el Área de Catálisis

***1.1.2 Método de análisis del caso***

*A. Objetivo del estudio y modelo de análisis*

- a. Objetivo
- b. Modelo de análisis
  - i) Modos de producción de conocimiento
  - ii) Los diferentes niveles de análisis del estudio de caso

*B. Tesis central de la investigación*

- a. Pregunta de la investigación
- b. Argumento central de la tesis

*C. Justificación del estudio*

- a. Relevancia
- b. Pertinencia

## ***1.2 Economía de la innovación***

*1.2.1 Economía evolutiva, organización e innovación tecnológica*

*1.2.2 Acumulación de capacidades y trayectorias tecnológicas*

*1.2.3 Las patentes como indicadores del cambio tecnológico*

## ***1.3 Estudios Organizacionales***

*1.3.1 Economía y Estudios Organizacionales*

A. Teorías y estudios económicos de la organización

B. La diversidad en las teorías y los estudios organizacionales

*1.3.2 Construcción social del conocimiento, la ciencia y la tecnología*

A. La sociología de la ciencia y la tecnología

B. Los actores y redes

*1.3.3 Neo institucionalismo e innovación organizacional*

A. El isomorfismo institucional

B. La innovación organizacional

C. La triple hélice

*1.3.4 El proceso de producción de conocimiento tecnológico*

A. Modos de producción de conocimiento

B. La creación del conocimiento en la organización moderna

C. Modelo cognitivo de invención

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

**Capítulo Dos**  
***Investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México:  
El caso del petróleo***

---

Introducción

*2.1 El sector energético mexicano: el caso de la industria del petróleo*

*2.1.1 Economía institucional del sector energético mexicano: El caso de PEMEX*

*2.1.2 La refinación de combustibles en México*

A. PEMEX Refinación

B. Industria y mercado global de catalizadores para refinar petróleo

*2.2 Génesis y cambio institucional de la investigación tecnológica en el Instituto Mexicano del Petróleo, 1967-2001*

*2.2.1 Creación y cambio institucional del IMP, 1965-2001*

A. La creación institucional del IMP, 1965

B. El cambio institucional del IMP, 1965-2001

a) Carácter público, objetivos y actividades institucionales del IMP

b) Estructura de gobierno del IMP y dirección

c) Institución de posgrado especializado

*2.2.2 Cambio institucional en los institutos públicos del campo de la energía*

*2.3 El campo público de investigación y desarrollo tecnológico sobre energía en México*

*2.3.1 El campo de la investigación pública en otros países*

*2.3.2 Campo organizacional de la investigación pública sobre energía en México*

A. Campo organizacional y agentes institucionales de la investigación pública sobre energía en México, 1965-2003

B. Gasto en investigación y patentes en el sector energético mexicano, 1980-2001

*2.3.3 Política y legislación sobre Ciencia y Tecnología, 1999-2006*

A. Política científica y tecnológica del actual gobierno

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

B. Ley de Ciencia y Tecnología: Efecto institucional sobre el campo organizacional, 1999-2002

*2.4 Hallazgos*

**Capítulo Tres**

***Evolución organizacional, económica y tecnológica del IMP, 1965-2003***

---

Introducción

***3.1 La fundación de las actividades de investigación básica y aplicada en el IMP, 1967-1973***

*3.1.1 Estrategia principal: definir temas de investigación y crear grupos de investigación*

*3.1.2 El modelo inicial de investigación implantado en el IMP, 1967-1973*

***3.2 Evolución histórica la estructura formal de organización, 1965-2003***

*3.2.1 Cambio de la estructura formal de organización, 1965-1999*

A. Fase 1: Adquisición de capacidades

a) 1965 a 1974

b) 1975 a 1979

c) 1980 a 1982

B. Fase 2: Orientación de Servicios

a) 1983 a 1992

C. Fase 3: Orientación de Negocios

a) 1993 a 1997

b) 1998 a 1999

*3.2.2 Innovación organizacional de la estructura formal, 2000-2003*

***3.3 Economía y producción tecnológica del IMP, 1967-2001***

*3.3.1 Perfil profesional de los empleados*

*3.3.2 El ejercicio del gasto*

*3.3.3 Las trayectorias de las patentes*

***3.4 Hallazgos***

**Capítulo Cuatro**  
***La catálisis y los catalizadores en el IMP, 1967-2003***

---

Introducción

***4.1 La evolución de la organización del Área de Catálisis 1967-2003***

*4.1.1 Desarrollo de las capacidades tecnológicas en catálisis y catalizadores, 1967-1992*

- A. Fase I: Adquisición de capacidades básicas de investigación, 1967-1974
- B. Fase II: Desarrollo de la investigación básica y aplicada, 1975-1982
- C. Fase III: Diversificación tecnológica de catalizadores, 1983-1992

*4.1.2 Consolidación de un modelo de investigación y desarrollo tecnológico, 1993-2003*

- A. Fase IV: Organización integral de la investigación y servicios de catalizadores, 1993-1999
- B. Fase V: Innovación organizacional e innovación tecnológica de catalizadores, 2000-2003

***4.2 Capacidades y trayectorias tecnológicas de catalizadores en México***

*4.2.1 El aprendizaje tecnológico de los catalizadores: el patrón de solución para la industria en México*

- A. Evolución de la innovación tecnológica: procesos catalíticos de refinación de combustibles
- B. Patrón tecnológico de la catálisis en la industria mexicana de refinación

*4.2.2. Investigación básica y aplicada en las patentes de catalizadores y materiales catalíticos del IMP*

- A. Investigación básica y aplicada: Patentes del Área de Catálisis
- B. Trayectorias tecnológicas de la investigación básica del Área de Catálisis
- C. Trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada del Área de Catálisis

*4.2.3 Procesos de investigación básica y aplicada en el Área de Catálisis*

- A. La solicitud de una patente: un caso en la investigación básica
- B. La investigación aplicada en la innovación de Catalizadores de Hidrodesulfuración

- a) *Primera Fase: Diseño tecnológico al nivel laboratorio y planta piloto*
- b) *Segunda Fase: Escalamiento Industrial*

c) *Tercera Fase: Comercialización*

### **4.3 El Negocio de los catalizadores**

*4.3.1 Las trayectorias tecnológicas de los catalizadores: la evolución de las regalías y ventas de catalizadores IMP*

A. Trayectorias tecnológicas de los Catalizadores del IMP en el mercado mexicano

- a) *Hidrodesintegración*
- b) *FCC catalizador*
- c) *Hidrodesulfuración*
- d) *Reformación de nafta*
- e) *Isomerización*
- f) *Gasolina de polimerización*
- g) *Recuperación de azufre*
- h) *Endulzamiento*

B. Las principales trayectorias tecnológicas de catalizadores

- a) *Trayectoria de hidrodesulfuración (HDS)*  
*Primera generación: IMP-DSD-1[(U),(K),(D)], IMP-DSD-2*  
*Segunda generación: IMP-DSD-3, IMP-DSD-4*  
*Tercera generación: IMP-DSD-5 [(E), E(+)]*  
*Cuarta generación: IMP-DSD-10; IMP-DSD-11; IMP-DSD-14; IMP-DSD-14 (+); IMP-DSD-17*
  
- b) *Trayectoria de reformación de nafta (RN)*  
*Primera generación: IMP-RNA-1, IMP-RNA-1 (M)*  
*Segunda generación IMP-RNA-2*  
*Tercera generación: IMP-RNA-4*
  
- c) *Trayectoria de desintegración catalítica (FCC)*  
*Primera generación: IMP-FCC-05 (R, MD), IMP-FCC-06 (R)*  
*Segunda generación: IMP-FCC-11, IMP-FCC-12 (R)*  
*Tercera generación: IMP-FCC-51, Precisión*

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

*4.3.2 Economía de los servicios y la investigación de catalizadores; La estrategia de desarrollo tecnológico de catalizadores del IMP*

A. Manufactura y servicios de los catalizadores

- a) Concepción original del proyecto*
- b) Orientación hacia el mercado de los servicios*
- c) Servicios del IMP*

B. Economía de la investigación y servicios

***4.4 Hallazgos y reflexiones***

**Capítulo Cinco**

***La producción de conocimiento tecnológico en el IMP, 1967-2003***

---

Introducción

***5.1 Tensiones, rupturas y políticas en la organización***

*5.1.1 El caso del IMP: Tensiones y política de producción de conocimiento, 1967-1974*

- A. El relato de un ex funcionario científico del IMP
- B. Las capacidades organizacionales del IMP
- C. Capacidades tecnológicas
- D. La dimensión política de la investigación pública sobre energía en México

*5.1.2 El Área de Catálisis: Tensiones entre agentes productores de conocimiento, 1972-2000*

- A. Red social y núcleo de invención en el Área de Catálisis
  - a) Forma de ordenar la actividad de inventar
  - b) Productividad inventiva
  - c) Posición en la estructura formal
  - d) Cantidad e intensidad de las relaciones
- B. Ruptura en el Área de Catálisis, 1993-1999
  - a) Gerente Inventor 9
  - b) Gerente Inventor 7
  - c) Gerente Inventor 2
  - d) Gerente Inventor 1
  - e) Gerente Inventor 3
  - f) La ruptura y predominancia de una modalidad de inventar
- C. La negociación entre actores de la invención tecnológica

La organización de la innovación tecnológica:  
*Los catalizadores en el Instituto Mexicano del Petróleo*

---

**5.2 Ámbitos tecnológico, organizacional e institucional de la producción de conocimiento**

5.2.1 *El ámbito intraorganizacional: Modalidades de invención de catalizadores en el Área de Catálisis del IMP*

5.2.2 *El ámbito organizacional: La producción de conocimiento tecnológico por el IMP*

5.2.3 *El ámbito institucional: La red de la innovación tecnológica de catalizadores en México*

5.2.4 *Características del modo de producción de conocimiento tecnológico en el IMP*

**Capítulo Seis**

***Conclusiones y recomendaciones de política***

---

6.1 *Hallazgos*

6.2 *Reflexiones*

6.3 *Recomendaciones de política*

***Cuadro 1.1.***  
***Fuentes de conocimiento de la evidencia recopilada y sistematizada***

<i>Fuente de conocimiento</i>	<i>Cuantitativa</i>	<i>Cualitativa</i>
<i>Tacitas</i>		
<b>1</b> Observación	No	Sí
<b>2</b> Reuniones* grupo de investigación	No	Sí
<b>4</b> Asesorías*	No	Sí
<b>3</b> Entrevistas*	No	Sí
<i>Explícitas</i>		
<b>5</b> Patentes	Sí	Sí
<b>6</b> Documentos	Sí	Sí
<b>7</b> Estadísticas	Sí	No

Fuente: Elaboración propia, 2004.

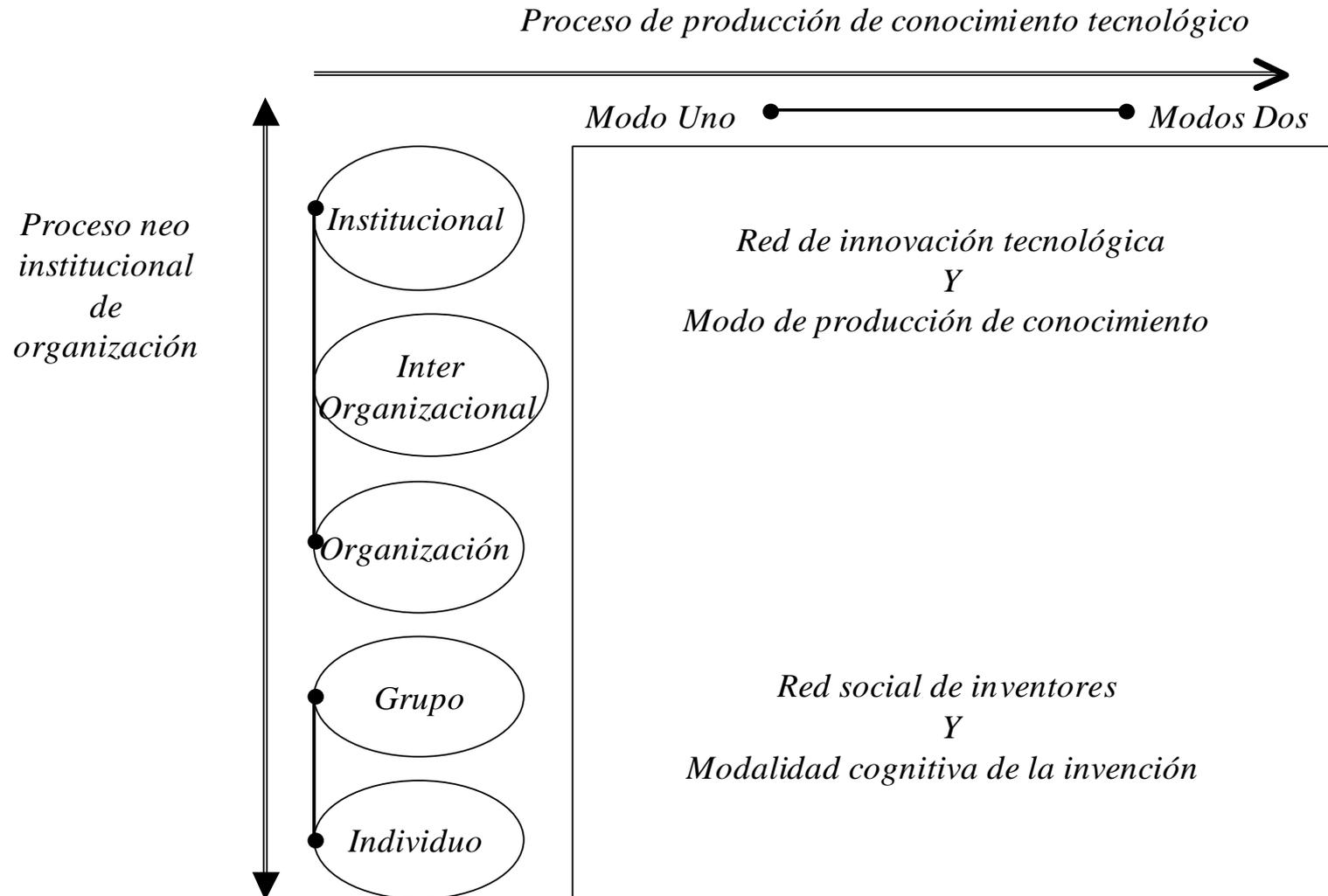
\*Grabadas en cinta de audio. Transcritas a un documento electrónico.

**Cuadro 1.2.**  
**Indicadores utilizados en la investigación**

<i>Nivel de análisis</i>		<i>Patentes</i>	<i>Gasto</i>	<i>Desempeño Económico</i>	<i>Recursos Humanos</i>
1	<i>Institucional</i>	Patentes registradas en México por el IMP y otras organizaciones mexicanas de alto registro de patentes, 1980-2001	Gasto federal en ciencia y tecnología en el sector energético mexicano Gasto en investigación y desarrollo experimental en el sector energético mexicano	Mercado mundial de catalizadores Mercado de catalizadores en México	
2	<i>Inter Organizacional</i>	Patentes registradas en México por el IMP y empresas extranjeras en el sector de la refinación del petróleo, 1980-2001			
3	<i>Organización</i>	Patentes solicitadas por el IMP: Trayectorias tecnológicas, 1969-2000	Gasto del IMP por actividad institucional, 1973-2001	Trayectorias Tecnológicas del IMP en la industria de la refinación del petróleo	Personal empleado en el IMP por actividad institucional, 1973-2001
4	<i>Grupal</i>	Patentes solicitadas por el IMP: Investigación básica e Investigación aplicada de catalizadores, 1972-2000			
5	<i>Individual</i>	Inventores registrados en patentes de catalizadores, 1972-2000			

Fuente: Elaboración propia, 2004.

**Diagrama 1.1.**  
**Análisis del proceso de producción del conocimiento tecnológico**



Fuente: Elaboración propia, 2004.

***Cuadro 1.3.***  
***Características del Modo Uno y Modo Dos***

<b><i>Modo Uno</i></b>	<b><i>Modo Dos</i></b>
A. Contexto gobernado por intereses académicos comunidad específica	A. Se lleva a cabo en contexto de aplicación
B. Disciplinar	B. Transdisciplinar
C. Homogeneidad	C. Heterogeneidad
D. Organización jerárquica, preserva su forma	D. Heterárquico y transitorio en su organización
E. Control calidad basado en juicios de iguales	E. Control de calidad incorpora gama de intereses intelectuales, sociales, económicos, políticos

Fuente: Elaboración propia a partir de Gibbons et al. (1997).

**Cuadro 2.1.**  
**Capacidad de refinación de petróleo al nivel mundial, 1999**

	<i>País</i>	<i>Refinerías (#)</i>	<i>Crudo Procesado (mbd)</i>	<i>Refinerías (%)</i>	<i>Crudo (%)</i>	<i>Crudo/Refinerías</i>
1	United States	154	16.540.990	20,4	20,3	107.409
2	Rusia	64	9.761.711	8,5	12,0	152.527
3	Japón	35	4.997.660	4,6	6,1	142.790
4	China	95	4.346.800	12,6	5,3	45.756
5	Corea del Sur	6	2.540.100	0,8	3,1	423.350
6	Italia	17	2.340.600	2,2	2,9	137.682
7	Alemania	17	2.275.300	2,2	2,8	133.841
8	Canadá	22	1.911.650	2,9	2,3	86.893
9	Francia	14	1.901.923	1,9	2,3	135.852
10	India	17	1.857.742	2,2	2,3	109.279
11	Reino Unido	11	1.784.672	1,5	2,2	162.243
12	Brasil	13	1.783.310	1,7	2,2	137.178
13	Arabia Saudita	8	1.710.000	1,1	2,1	213.750
14	México	6	1.525.000	0,8	1,9	254.167
15	Otros Países (101)	277	26272338	36,6	32,2	94.846
Subtotal (países 1 al 14)		479	55.277.458	63,4	67,8	115.402
<b>Total todos los países</b>		<b>756</b>	<b>81.549.796</b>	100	100	107.870

Fuente: Worldwide Refining, 2000

**Cuadro 2.3.**  
***Estructura de Gobierno de los institutos públicos de investigación del sector  
energético mexicano, 1965-2001***

Componente organizacional	IMP	IIE	IMTA	ININ
<i>Consejo Directivo</i>	15 miembros			12 miembros
1 <i>Organo de Gobierno</i>			8 miembros	
<i>Junta Directiva</i>		15 miembros		
2 <i>Director General</i>	4 años; reelección	4 años; reelección	X	6 años; reelección
3 <i>Consejo Consultivo</i>	X	X		
4 <i>Comité de Vigilancia</i>	X	X	X	X
5 <i>Contraloría Interna</i>				X

Fuente: Elaboración propia a partir del Diario Oficial de la Federación (1965, 2001b).

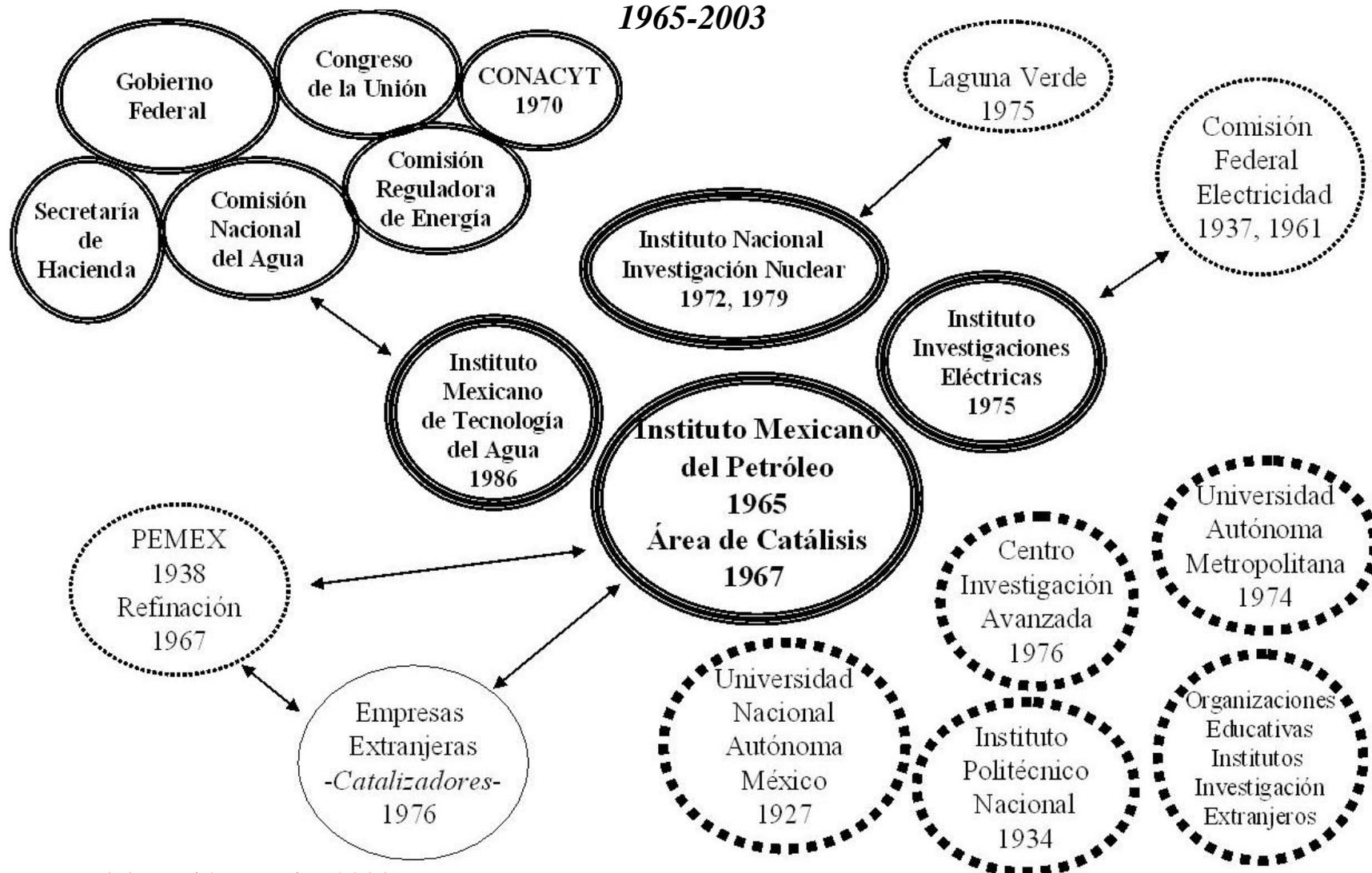
**Cuadro 2.4.**

**Objetivos institucionales de los institutos públicos de investigación del sector energético mexicano, 1965-2001**

	Objetivo institucional	IMP	IIE	IMTA	ININ
	<i>Investigación científica y tecnológica; básica y aplicada</i>	X	X	X	X
1	<i>Programas; proyectos investigación</i>	X	X	X	X
	<i>Difusión científica y tecnología</i>	X	X		
2	Desarrollo tecnológico; Transferencia Tecnología	X	X	X	X
	Escalamiento industrial tecnología	X			
3	<i>Posgrado</i>	X	X	X	
	<i>Tesistas; becas</i>	X		X	
4	Capacitación	X			X
	<i>Asesoría</i>		X	X	X
5	<i>Estudios</i>	X			
	<i>Asistencia técnica</i>	X			
6	Contratación obras y servicios	X			
	Comercialización productos; servicios	X			
7	<i>Patentes; normas oficiales</i>		X	X	
8	Relaciones inter institucionales	X	X	X	X
	Educación y cultura			X	
9	<i>Proyectos de ingeniería</i>	X			X
	<i>Servicios tecnológicos</i>	X		X	

Fuente: Elaboración propia a partir del Diario Oficial de la Federación (1965, 2001b).

**Diagrama 2.1.**  
**Campo organizacional de la investigación y desarrollo tecnológico en el sector energético mexicano**  
**1965-2003**



Fuente: Elaboración propia (2003).

**Cuadro 2.5.**  
***Gasto en ciencia, investigación y tecnología en el sector energético mexicano, 1990-2001***  
***(Porcentaje)***

Partida de Gasto o Institución		1990-1995		1996-2001	
		GFCT	GFIDE	GFCT	GFIDE
1	Sector Energía como porcentaje del Gasto Total	18,6	n.d.	26	n.d.
2	Sector Energía	100	100	100	100
2.1	Instituto Mexicano del Petróleo	49,2	41,8	39,7	43,7
2.2	Instituto de Investigaciones Eléctricas	18,0	28,4	7,3	11,9
2.3	Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	12,3	7,6	6,2	8,8
2.4	Petróleos Mexicanos	18,9	21,3	46,9	35,6
2.5	Otros	1,6	0,9	0,0	0,1

Fuente: Cuadro 2.2. Anexo

**Cuadro 2.6.**  
***Patentes concedidas en México a las principales organizaciones mexicanas, 1980-2001***

	<i>Organización</i>	<i>Número de Patentes</i>	<i>Porcentaje del Total de patentes en México</i>	<i>Porcentaje del Total de estas diez organizaciones</i>
1	Insituto Mexicano del Petróleo	546	12,05	56,3
2	Instituto de Investigaciones Eléctricas	35	0,77	3,6
3	Centro de Investigación de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional	33	0,73	3,4
4	Universidad Nacional Autónoma de México	83	1,83	8,6
5	Universidad Autónoma Metropolitana	43	0,95	4,4
	<i>I. Las cinco principales organizaciones públicas</i>	<i>740</i>	<i>16,3</i>	<i>76,4</i>
1	Vitro	66	1,46	6,8
2	F.L. Smith	64	1,41	6,6
3	Hylsa	48	1,06	5,0
4	Cuprum	26	0,57	2,7
5	Fausto Celorio Mendoza	25	0,55	2,6
	<i>II. Las cinco principales organizaciones privadas</i>	<i>229</i>	<i>5,1</i>	<i>23,6</i>
	III. Total	969	21,36	100

Fuente: Base de Datos de Patentes de Mexicanos en México, 1980-2001; UAM Xochimilco (2003).

**Cuadro 2.2 Anexo**  
***Gasto en investigación y desarrollo experimental como porcentaje del Gasto federal en ciencia y tecnología en México y el Sector de Energía, 1990-2001***  
*(millones de pesos)*

Partida de Gasto o Institución	1990-1995		1996-2001	
	GFCT	GFIDE	GFCT	GFIDE
1 Gasto Federal	96622		139597	
2 Sector Energía	17991	8359	36364	14789
3 Instituto Mexicano del Petróleo	8845	3497	14430	6469
4 Instituto de Investigaciones Eléctricas	3244	2376	2638	1753
5 Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	2205	633	2244	1307
6 Petróleos Mexicanos	3409	1777	17040	5261
7 Otros	291	74	11	9

Fuente: Elaboración propia con base en CONACYT (2003).

**Cuadro 2.3 Anexo**  
**Mercado mundial del petróleo, 1973-2010**  
 (porcentaje)

*1. Demanda mundial del petróleo según productos fabricados, 1973-2010*

	1973	1985	1995	2000	2010
1.1 Combustibles transporte	36,1	42,1	50,0	51,9	54,0
1.2 Petroquímicos	4,5	5,0	6,0	6,9	7,0
1.3 Otros usos no energéticos	5,5	5,0	6,0	6,0	5,8
1.4 Calefacción y combustibles industriales	53,9	47,9	38,0	35,1	33,3
1.5 Total	100	100	100	100	100

*2. Demanda mundial del petróleo según composición química de los productos fabricados, 1973-2010*

	1973	1985	1995	2000	2010
2.1 Productos ligeros	29,5	30,5	36	n.d.	40
2.2 Destilados intermedios	30	31	38	n.d.	45
2.3 Productos pesados	40,5	38,5	26	n.d.	15
2.4 Total	100	100	100	n.d.	100

Fuente: IFP/IEA (1998).

**Cuadro 2.2.**  
**Cambio del marco institucional del IMP, 1965-2001**

<i>Artículo</i>	<i>1965</i>	<i>2001</i>
1	<i>Creación:</i> i) Organismo descentralizado, interés público; ii) Técnico, educativo, cultural; iii) Personalidad jurídica y patrimonio propios; iv) Domicilio legal, México D. F.	
2	<i>Objetivos Institucionales:</i> i) Investigación científica: básica y aplicada; ii) Formación: Investigadores y disciplinas básicas y aplicadas; iii) Difusión: aplicación industrial de los desarrollos; iv) Capacitación: personal obrero para nivel subprofesional	<i>Objetivos Institucionales:</i> Ofrecer a la industria petrolera, petroquímica y química: i) Investigación y desarrollo tecnológico; ii) Servicios técnicos; iii) Comercialización: Productos y servicios resultado de investigación; iv) Formación: Doctores, maestros, especialistas e investigadores.
3	<i>Actividades institucionales:</i> Mediante planes de trabajo en los espacios institucionales como los laboratorios, plantas piloto, plantas comerciales, centros educativos. <i>Campos requeridos:</i> i) Geología, geofísica; ii) Ingeniería petrolera; iii) Ingeniería electromecánica; iv) Refinación y petroquímica; v) Investigación básica y aplicada, vi) Electrónica, vii) Seguridad, viii) Organización.	
4	El <i>Consejo Directivo</i> rige al IMP (9 miembros): i) PEMEX: Presidente (1); Representantes (5); ii) UNAM (1); iii) IPN (1); iv) INIC (1); v) CRNNR (1).	El <i>Consejo Directivo</i> rige al IMP (14 vocales, 1 presidente): I/ i) PEMEX: Presidente (1); Representantes (5); ii) SE, SMARN, SHCP (3); iii) UNAM (1); iii) IPN (1); iv) UAM (1); v) Conacyt (1) vi) Especialistas (2) II/ i) Cargo personal; ii) Sesiones ordinarias anuales (4); asistencia (75 %); iii) Secertarios y Comisario (3).
5	El Consejo Directivo actuará a través de un <i>Director General</i>	<i>Facultades y obligaciones del Director General:</i> Acordar, desempeñar e informar sobre asuntos encomendados; ii) Suscribir instrumentos para cumplir objeto; alianzas estratégicas y tecnológicas; iii) designar y remover personal que no nombra el Consejo Directivo; iv) Función organizacional; v) Proponer integración CCICFRH; vi) Designar representantes, delegar facultades, autorizar operación, establecer plazos, designar ciertos servidores públicos, aprobar mejoras regulatorias, autorizar información.
5 Bis		Nombramiento: i) Designado por Consejo Directivo, ii) Reconocido, iii) Profesional, iv) Experiencia, v) Hasta por dos periodos de 4 años.

Fuente: Elaboración propia a partir del Diario Oficial de la Federación (1965, 2001b).

**Cuadro 2.2. (continuación)**  
**Cambio del marco institucional del IMP, 1965-2001**

<i>Artículo</i>	<i>1965</i>	<i>2001</i>
6	Facultades Consejo Directivo: i) Nombrar Director General y demás personal; ii) Transferencia bienes inmuebles; iii) Aprobar presupuesto; iv) Definir investigación y programas técnicos; vi) Celebrar sesiones ordinarias,; vii) Expedir reglamentos.	Facultades Consejo Directivo: i) Nombrar Director General y demás personal; ii) establecer políticas, lineamientos, prioridades; iii) Aprobar estructura organización; iv) Analizar, revisar, aprobar: Informes, estados financieros, programas operativos, precios, créditos, reservas, donativos, transferencia de inmuebles, programas investigación, formación recursos, estructura CCIFRH.
6 Bis		Consejo Consultivo de Investigación y Formación de Recursos Humanos: i) Asesorar al DG sobre Programas de: investigación, formación recursos, desarrollo tecnológico, cooperación, educación; ii) Opinar sobre los programas, presupuesto y reglamentos.
7	Patrimonio del IMP: i) Terreno; ii) Aportación PEMEX; iii) Aportación sector privado; iv) Ingresos por servicios, asistencia y capacitación; v) Otros ingresos y/o aportaciones.	
8	Desincorporar el terreno del IMP del Patrimonio de PEMEX.	
9	IMP dispone y/o transfiere sus bienes muebles e inmuebles.	Derogado
10	IMP administrará su patrimonio conforme presupuestos y programas que formule el Consejo Directivo.	
11	El IMP <i>no</i> otorgará <i>grados académicos</i> ; si expediría constancias de trabajos, investigaciones y capacitación.	El IMP <i>sí</i> otorgará <i>grados académicos</i> solo o con una Institución de Educación Superior (Doctorado, maestría); seguirá expidiendo constancias de trabajos, investigaciones y capacitación.
12	Jurisdicción federal en Tribunal federal.	
13	Ingresos y bienes no estarán sujetos a impuestos o cargas fiscales.	
14		Organo de vigilancia del organismo.
15		Régimen laboral sujeto a relaciones de trabajo del organismo.
Transitorio 1	Secretarías y organismos responsables de constituir al IMP tienen hasta 90 días	Entrada en vigor al día siguiente de la publicación.
Transitorio 2	Entrada en vigor al día siguiente de la publicación.	

Fuente: Elaboración propia a partir del Diario Oficial de la Federación (1965, 2001b).

**Cuadro 2.7.**  
**Artículos seleccionados de la Ley de Ciencia y Tecnología**

1	<i>Artículo 1. Objeto</i>
	-Gobierno Federal obligado otorgar apoyo -Determinar instrumentos y regulaciones investigación científica y tecnológica
2	<i>Artículo 3. Sistema Nacional Ciencia y Tecnología</i>
	-Política de Estado -Programa Especial, Sectoriales, Regionales -Dependencias, Entidades Administración Pública Federal -Instituciones sociales, privadas, gobiernos estatales -Red Nacional Grupos y Centros de Investigación -Universidades e Instituciones de Educación Superior
3	<i>Artículo 23. Fondos</i>
	-CONACYT -Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico
4	<i>Artículo 36. Foro Consultivo Científico y Tecnológico</i>
	-Órgano autónomo permanente consulta Poder Ejecutivo y CONACYT -Mesa directiva
5	<i>Artículo 47. Centros públicos de investigación</i>
	-Objeto predominante investigación científica y tecnológica -Efectivamente dediquen a dichas actividades -Opinión Secretaría Hacienda
6	<i>Artículo 48. Autonomía</i>
	-Decisión técnica -Operativa -Administrativa
7	<i>Artículo 51. Formas cooperación</i>
	-Asociaciones, alianzas, consorcios, empresas base tecnológica -Incorporación investigadores formados propios centros
8	<i>Artículo 52. Grados académicos</i>
	-Investigadores CPI impartir educación superior -Maestría, Doctorado
9	<i>Artículo 54. Ingresos</i>
	-Servicios tecnológicos -Productos investigación y desarrollo tecnológico -Capacitación
10	<i>Artículo 50. Operación Fondos</i>
	-Administrados mediante fideicomiso -Con recursos auto generados, aportaciones de terceros -Objeto financiar: Investigación, instalaciones, equipamiento, materiales, becas, formación de recursos humanos especializados, incentivos extraordinarios investigadores participen proyectos
11	<i>Artículos 55, 56, 57, 58. Estructura de Gobierno</i>
	-Normas generales -Atribuciones -CONACYT; SHCP -Director General
12	<i>Artículo 59. Relaciones Administración Pública Federal</i>
	-Convenios desempeño

Fuente: Elaboración propia a partir de Diario Oficial de la Federación (2002).

**Cuadro 2.1 Anexo**  
**Organizaciones públicas de investigación y desarrollo tecnológico**  
**seleccionadas: países desarrollados y en desarrollo, 1842-1974**

<i>País</i>	<i>Año</i>	<i>Laboratorio, Consejo, Agencia o Instituto</i>
	1842	Excise Laboratory
Inglaterra	1900	National Physical Laboratory
	1954	Autoridad Inglesa sobre Energía Atómica (UKAEA)
	1909	Escuela Aeronáutica Nacional
Francia	1945	Autoridad Francesa sobre Energía Atómica (CEA)
	1948	Instituto Francés del Petróleo
Alemania	1887	Physiclalisch-Technische Reichsanstatt
Estados Unidos	1901	Nacional Bureau of Standards
Japón	1913	Central Inspection Institute of Wheights and Measures
Canadá	1916	Consejo Nacional de Investigación del Canadá (NCR)
	1906	Technological Institutes of Denmark
Dinamarca	1937	Academy of Technical Services
Australia	1916	Australian Council of Science end Technology
Holanda	1932	TNO
Brasil	1963	CENPES
Venezuela	1974	INTEVEP
	1965	Instituto Mexicano del Petróleo
México	1975	Instituto de Investigaciones Eléctricas

Fuente: Rath (1998); OECD (1987); Lawton (1997); Smith (2003); Ramirez Corredores (2000); Petrotecnia (2001); Soria( 2003a).

**Cuadro 3.1.**  
**Campos disciplinares de la investigación básica en el IMP, 1967-1969.**

<i>Disciplina de las ciencias básicas</i>	<i>Fuente y/o institución de formación de los recursos humanos especializados</i>	<i>Cantidad y/o calidad de los recursos humanos especializados</i>	<i>Importancia económica de la disciplina científica</i>
<u>1. Geofísica</u>	Instituto de Geofísica, UNAM	Se logró atraer al IMP un grupo de profesionales formado por investigadores y estudiantes (18 personas).	Esta disciplina es crucial para la exploración y explotación de mantos de petróleo.
<u>2. Física molecular</u>	UNAM Universidad Libre de Bruselas	Dos personas con doctorado. Otras cuatro cuentan sólo con licenciatura. De estos dos saldrán al extranjero al posgrado.	Esta disciplina proporciona elementos cruciales o estratégicos para la investigación aplicada.
<u>3. Espectroscopia</u>	No existen en México expertos en el tema	Es necesario formar recursos humanos especializados.	Esta disciplina proporciona elementos cruciales o estratégicos para la investigación aplicada.
<u>4. Física y química de superficies</u>	No existen en México expertos en el tema	Dos personas con licenciatura.	La física y química de superficies constituye el problema medular de toda la catálisis química. Como la industria química y la petroquímica descansan en procesos catalíticos, se necesita este conocimiento.
<u>3. Termodinámica y teoría del transporte</u>	No existen en México expertos en el tema	Cuatro físicos: Uno con doctorado, otro con maestría y dos pastantes.	Estudios básicos
<u>6. Física de medios continuos</u>	No existen en México expertos en el tema	Es necesario formar recursos humanos especializados.	Esta disciplina es crucial para la exploración y explotación de mantos de petróleo.
<u>7. Cinética química</u>	No existen en México expertos en el tema	Tres físicos con doctorado.	Si un país no tiene una investigación básica fuerte en esta especialidad, es imposible pensar en desarrollar procesos ni siquiera adaptar los existentes.
<u>8. Fotoquímica</u>	No existen en México expertos en el tema	Es necesario formar recursos humanos especializados.	Rama prometedora para hacer nylon.
<u>9. Polímeros.</u>	No existen en México expertos en el tema	Tres físicos con licenciatura, aunque admite una ampliación, desde matemáticos hasta químicos.	Una tecnología de gran importancia económica.

Fuente: Elaboración propia a partir de García-Colín (1970, 1989).

**Cuadro 3.2.**  
***Investigación científica aplicada y servicios en el IMP, 1973.***

<i>Tipo de investigación</i>		<i>Ejemplo</i>	<i>Escala</i>
1	Catalizadores heterogéneos	Deshidrogenación, hidrogenación, desintegración, hidrodesulfuración, desulfuración, isomerización, polimerización, recuperación de metales	Laboratorio, planta piloto
2	Síntesis orgánica industrial	Reacciones en fase líquida, fase gaseosa, Alta Presión, Materias Primas petroquímicas, Ácidos orgánicos, Alcoholes, Éteres	Laboratorio, planta piloto
3	Organometálicos y catalizadores homogéneos	Catalizadores de sales, friedl-crfts,	Laboratorio
4	Físico química de superficies	Interfase gas sólido, textura y porosidad de sólidos catalíticos, termodinámica de adsorción	Laboratorio
5	Resonancia electrónica	Propiedades superficiales se sólidos catalíticos	Laboratorio
6	Estabilización de radicales	Espectroscopía de radicales a bajas temperaturas; Coeficientes de adsorción; Interacción molécula-medio ambiente	Laboratorio
7	Equilibrio entre fases	Termodinámica de mezclas; Temperaturas de burbujeo y rocío	Laboratorio
8	Cinética química	Teoría cinética de gases reaccionantes; Dinámica de fluidos reaccionantes	Laboratorio
9	Mecánica estadística	Teoría cinética de gases densos; Teoría de líquidos	Laboratorio
10	Polímeros	Conformación y dinámica de macromoléculas	Laboratorio
11	Simulación de operaciones unitarias	Intercambiadores de calor; Reactores químicos	Laboratorio
12	Física molecular	Superficies equipotenciales; Enlaces; Mecanismos de reacción	Laboratorio

<i>Tipo de servicio</i>		<i>Ejemplo</i>
1	Transferencia de tecnología industria química básica	Asesoría en el desarrollo de nuevos procesos
2	Adsorción de catalizadores sólidos	Volumen de poro; Estudio de concentración, Distribución de radio de poro; Áreas específicas; Isotermas; Densidad
3	Termogravimetría	Estudio de comportamiento de sólidos, líquidos y gases en función de la temperatura; Análisis térmico diferencial; Temperatura de fusión; Porcentaje de cristalinidad; Detección de muestras de polímeros; Determinación de negro de humo; Capacidad calorífica o presión o volumen constante
4	Difracción de rayos X	Identificación y Análisis cuatitativo de muestras de polvos; Distribución de diámetros de policristales; Orientaciones preferentes en metales laminados y polímeros; Imperfecciones cristalinas y microesfuerzas en policristales
5	Propiedades de transporte	Viscosidad de líquidos simples y soluciones; Conductividad térmica.

Fuente: García-Colín (1973).

**Cuadro 3.3.**  
**Cambio de la estructura formal de organización del IMP, 1965-2003.**

<i>Temporalidad de la Estructura de Organización Formal</i>	<i>Estructura de la Dirección General</i>	<i>Composición por Subdirección General o Dirección Ejecutiva</i>	<i>Promedio anual de empleados por estructura formal de organización</i>	<i>Promedio anual de empleados por fase</i>
1 1965-1974	Sudirección General	1. Exploración; 2. Explotación; 3. Refinación y Petroquímica ; 4. Ingeniería de Proyectos; 5. Investigación Científica Aplicada; 6. Capacitación	2100*	
2 1975-1979	Sudirección General, Gerencia de Administración	1. Exploración; 2. Explotación; 3. Refinación y Petroquímica ; 4. Ingeniería de Proyectos; 5. Investigación Básica de Procesos; 6. Capacitación; 7. Promoción Industrial; 8. Estudios Económicos; 9. Actividades de Apoyo; 10. Delegaciones Regionales	3000	3153
3 1980-1982	Sudirección General, Asesoría, CIDAP, División de Relaciones Públicas	1. Exploración; 2. Explotación; 3. Refinación y Petroquímica ; 4. Ingeniería de Proyectos de Exploración; 5. Ingeniería de Proyectos de Plantas Industriales; 6. Investigación Básica de Procesos; 7. Capacitación; 8. Promoción Industrial y Asistencia Técnica; 9. Estudios Económicos y Planeación Industrial; 10. Desarrollo Profesional; 11. Gerencia de Administración; 12. Delegaciones Regionales	4109	
4 1983-1992	Auditoría Interna; Asesoría; Comité Coordinador de Consulta; Divulgación y Relaciones Públicas; Coordinación de Programación, Organización y Presupuesto	1. Exploración y Explotación; 2. Transformación Industrial; 3. Ingeniería de Proyectos 4. Capacitación y Desarrollo Profesional; 5. ComercIALIZACIÓN; 6. Servicios Técnicos; 7. Servicios Administrativos; 8. Delegaciones Regionales	5846	
5 1993-1997	Administración y Finanzas, Contraloría, Coordinación de Investigación y Planeación, Consejo Consultivo de Investigación	1. Exploración y Producción; 2. Transformación Industrial; 3. Ingeniería de Proyectos 4. Capacitación y Servicios Técnicos; 8. Delegaciones Regionales	4347	
6 1998-1999	Contraloría Interna	1. Planeación y Desarrollo Institucional; 2. Investigación y Tecnología; 3. Exploración y Producción; 4. Transformación Industrial; 5. Protección Ambiental; 6. Ingeniería 7. ComercIALIZACIÓN; Capacitación 8. Administración y Finanzas 9. Delegaciones Regionales	3648	3997

Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (1965, 1967, 1975, 1980, 1983, 1993, 1998, 2000, 2003); Cuadro 3.1 Anexo.

\*/ En el caso de la estructura formal de 1965-1974 solo se tienen datos para los años 1973 y 1974. En el caso de la estructura 2000-2003 los datos corresponden a 2000 y 2001.

**Cuadro 3.4.**  
**La nueva estructura formal de organización del IMP, 2000-2003.**

<i>1. Plataformas</i>			<i>2. Corporativo</i>	<i>3. Programas Estratégicos</i>
<i>Nombre</i>	<i>Componentes</i>	<i>Funcionarios</i>		
<i>1.1 Atención a Clientes</i>	Delegaciones regionales: zona centro, zona sur, zona norte, zona marina	Gerentes de Atención Cliente	2.1 Dirección ejecutiva de planeación y desarrollo institucional	3.1 Sistema integral de información
<i>1.2 Soluciones</i>	Direcciones Ejecutivas: exploración y producción; proceso y medio ambiente; ingeniería; capacitación	Directores Ejecutivos, Gerentes de Solución, Ejecutivos de Producto, Jefes de Proyecto	2.2 Dirección ejecutiva de comercialización	3.2 Trabajo en equipo
<i>1.3 Investigación y Desarrollo</i>	Dirección ejecutiva de investigación y posgrado; Programas de investigación y desarrollo tecnológico	Director Ejecutivo, Coordinadores de Programa, Líderes de Proyecto, Investigadores del Posgrado	2.3 Dirección ejecutiva técnica	3.3 Sistema institucional de calidad
<i>1.4 Competencias</i>	Yacimientos, exploración, producción, ambientales, tecnología de proceso, instrumentación y control, catalizadores y productos químicos, tecnología informática, estudios económicos, ingeniería civil, ingeniería electrónica, ingeniería asistida por computadora.	Ejecutivos de Competencia, Especialistas de la Competencia	2.4 Dirección ejecutiva de administración y finanzas	3.4 Administración del conocimiento e inteligencia tecnológica  3.5 Medio ambiente

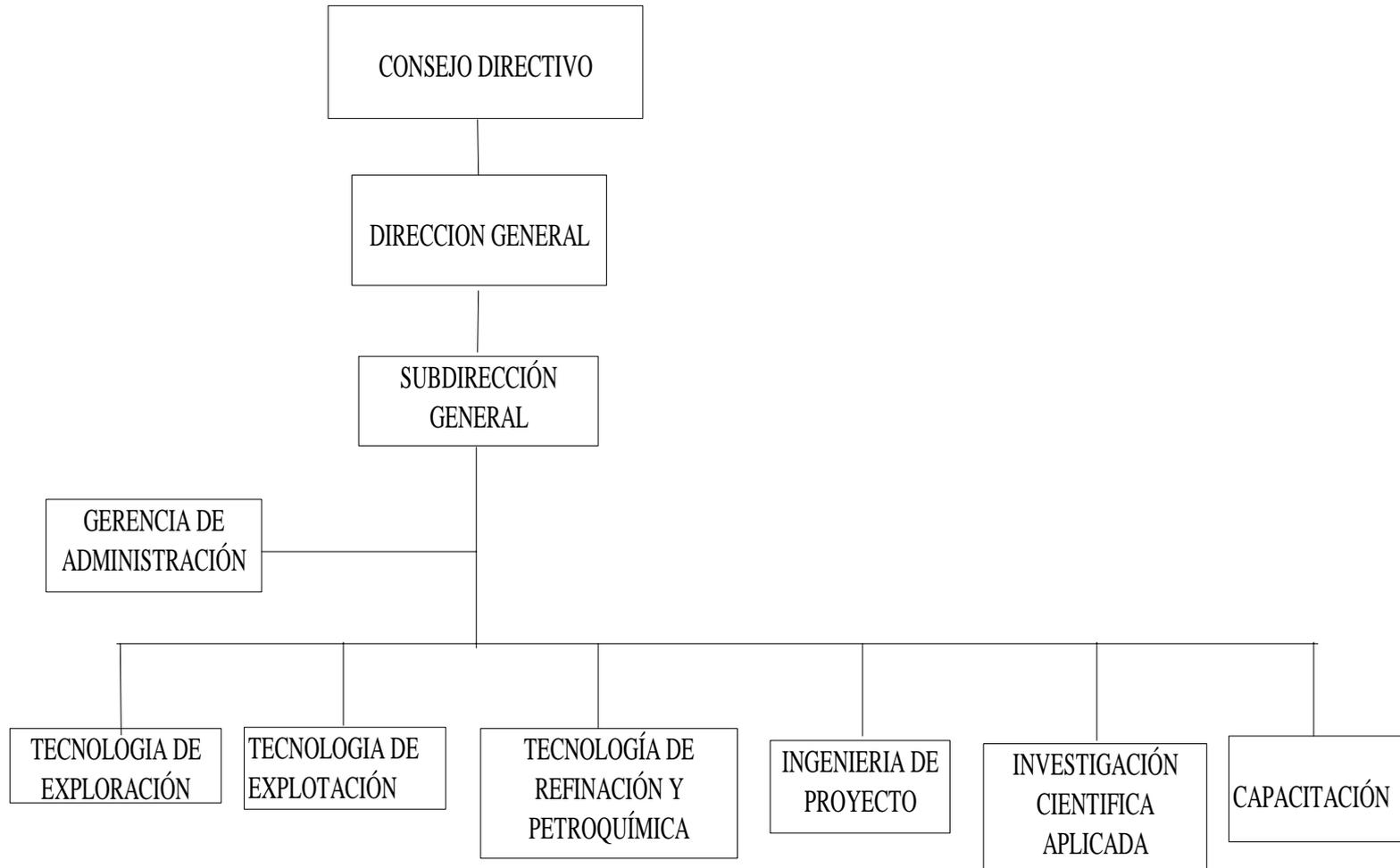
Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (2000, 2001, 2003).

**Cuadro 3.1 Anexo**  
**Personal contratado por el IMP, 1973-2001**

<b>AÑO</b>	<b>DOCTORADO</b>	<b>MAESTRÍA</b>	<b>LICENCIATURA</b>	<b>PASANTÍA</b>	<b>BACHILLERATO</b>	<b>SECUNDARIA</b>	<b>PRIMARIA</b>	<b>TOTAL</b>
1973	34	91	471	174	487	507	187	1.951
1974	26	72	601	178	637	519	217	2.250
1975	28	72	653	230	629	612	267	2.491
1976	35	81	763	214	676	649	268	2.686
1977	47	88	962	221	775	757	191	3.041
1978	48	104	1.022	208	855	761	263	3.261
1979	46	115	1.102	263	887	842	267	3.522
1980	53	128	1.089	366	830	1.073	257	3.796
1981	52	140	1.101	610	977	1.122	266	4.268
1982	52	140	1.099	609	960	1.147	255	4.262
<b>1973-1982</b>	<i>421</i>	<i>1031</i>	<i>8863</i>	<i>3073</i>	<i>7713</i>	<i>7989</i>	<i>2438</i>	<i>31528</i>
1983	59	150	1.626	451	1.179	1.167	482	5.114
1984	51	154	1.803	401	1.304	1.257	454	5.424
1985	44	129	2.088	575	1.436	1.412	500	6.184
1986	41	140	2.151	491	1.402	1.411	524	6.160
1987	44	146	2.153	509	1.442	1.431	524	6.249
1988	38	162	2.182	526	1.387	1.470	470	6.235
1989	44	152	2.107	444	1.182	1.200	418	5.547
1990	57	169	2.165	460	1.225	1.253	407	5.736
1991	58	190	2.208	476	1.271	1.248	451	5.902
1992	54	170	2.214	540	1.219	1.275	440	5.912
<b>1983-1992</b>	<i>490</i>	<i>1562</i>	<i>20697</i>	<i>4873</i>	<i>13047</i>	<i>13124</i>	<i>4670</i>	<i>58463</i>
1993	49	164	2.009	366	867	946	276	4.677
1994	48	234	1.924	371	891	952	251	4.671
1995	52	211	1.898	336	696	1.111	112	4.416
1996	53	202	1.944	211	722	736	110	3.978
1997	54	203	1.952	212	725	739	110	3.995
1998	71	293	1.922	106	734	726	121	3.973
1999	125	261	1.666	0	693	482	95	3.322
2000	158	311	1.649	0	481	631	122	3.352
2001	195	443	2.302	0	559	593	180	4.272
<b>1993-2001</b>	<i>805</i>	<i>2322</i>	<i>17266</i>	<i>1602</i>	<i>6368</i>	<i>6916</i>	<i>1377</i>	<i>36656</i>
<b>1973-2001</b>	<i>1716</i>	<i>4915</i>	<i>46826</i>	<i>9548</i>	<i>27128</i>	<i>28029</i>	<i>8485</i>	<i>126647</i>

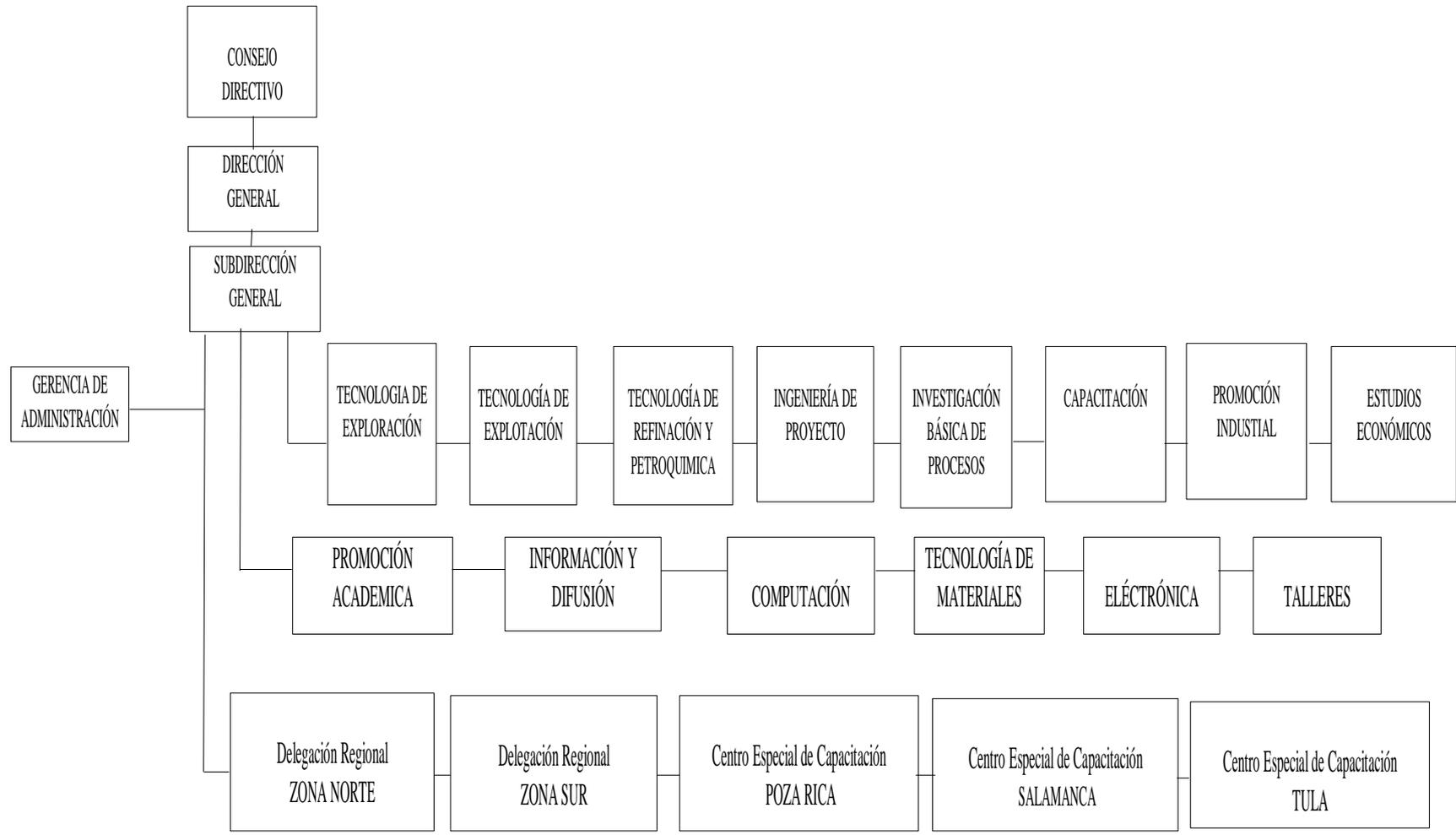
Fuente: IMP (2003).

**Diagrama 3.1.**  
***Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 1965-1974***



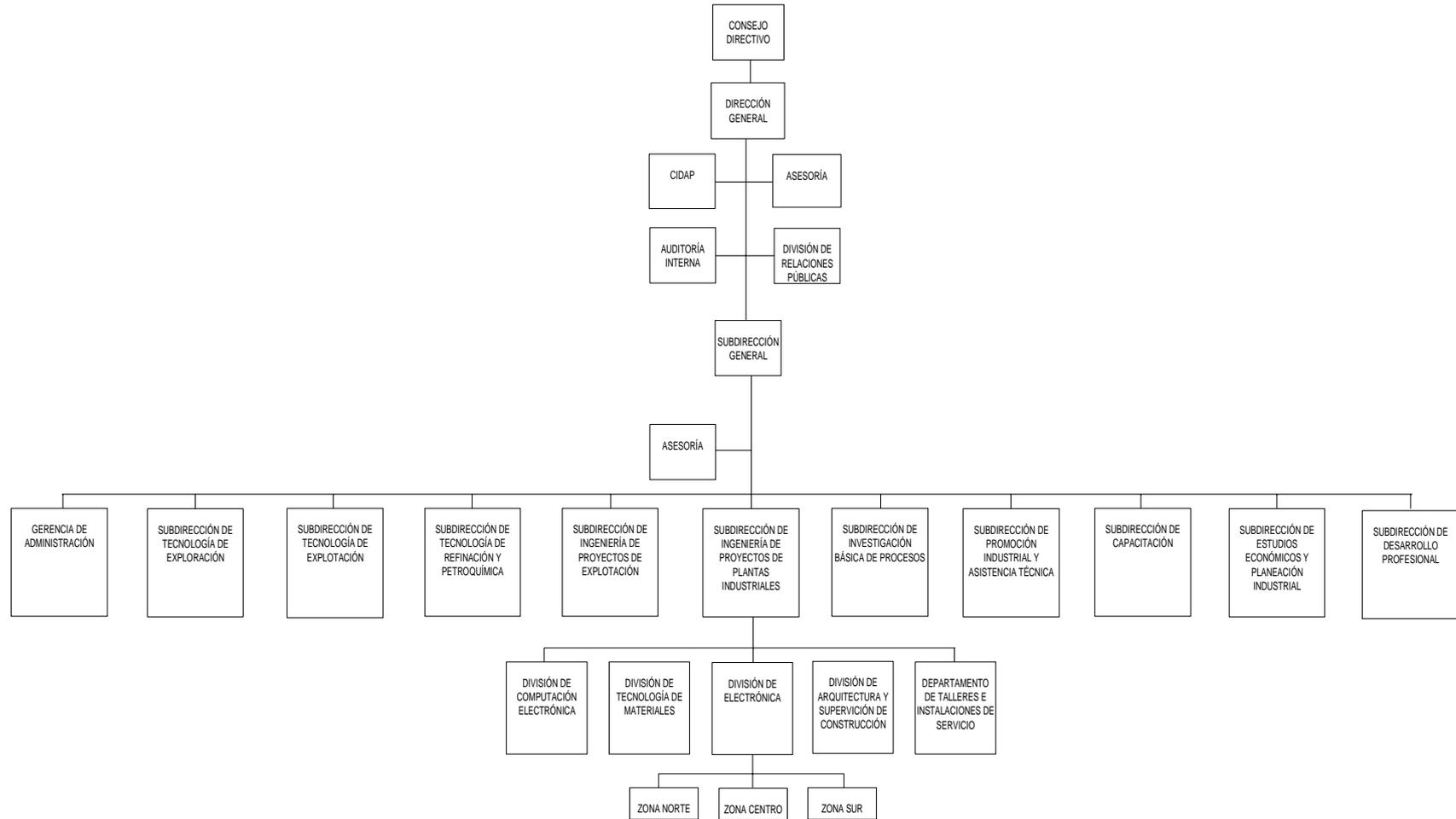
Fuente: Elaboración propia a partir del “Decreto de Creación del IMP” en Diario Oficial de la Federación (1965).

**Diagrama 3.2.**  
**Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 1975-1979**



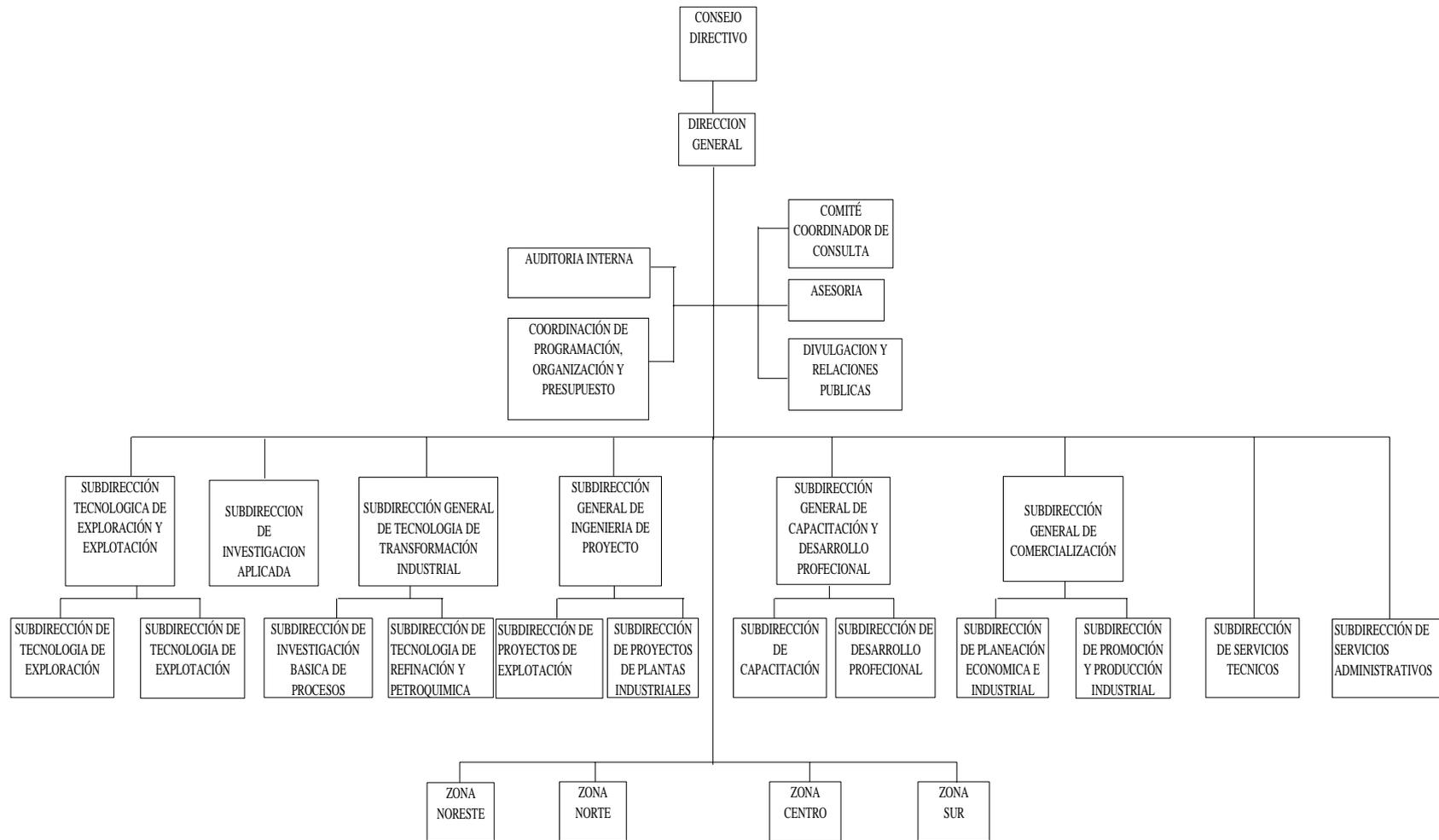
Fuente: IMP (1975).

**Diagrama 3.3.**  
***Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 1980-1982.***



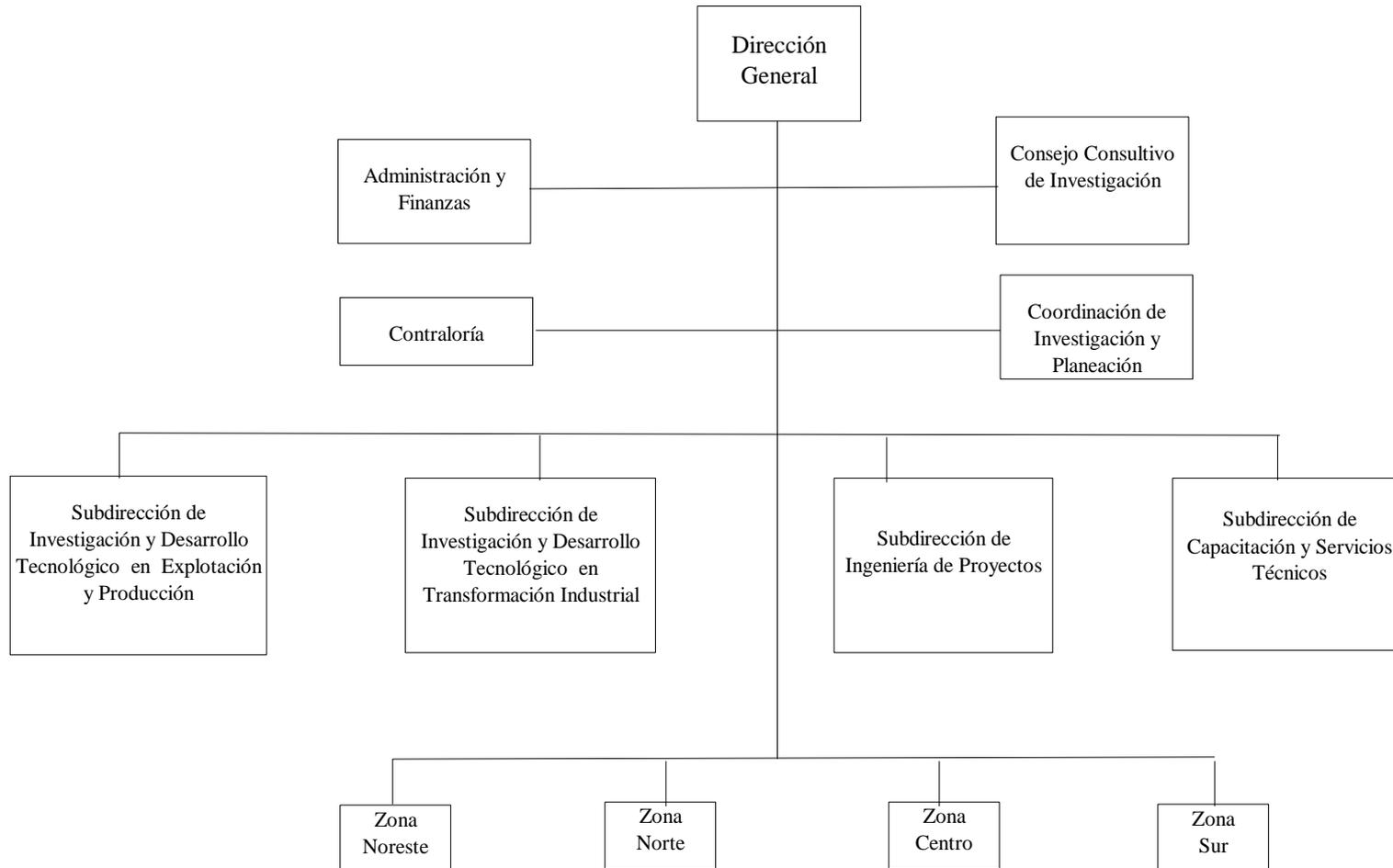
Fuente: IMP (1983).

**Diagrama 3.4.**  
**Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 1983-1992**



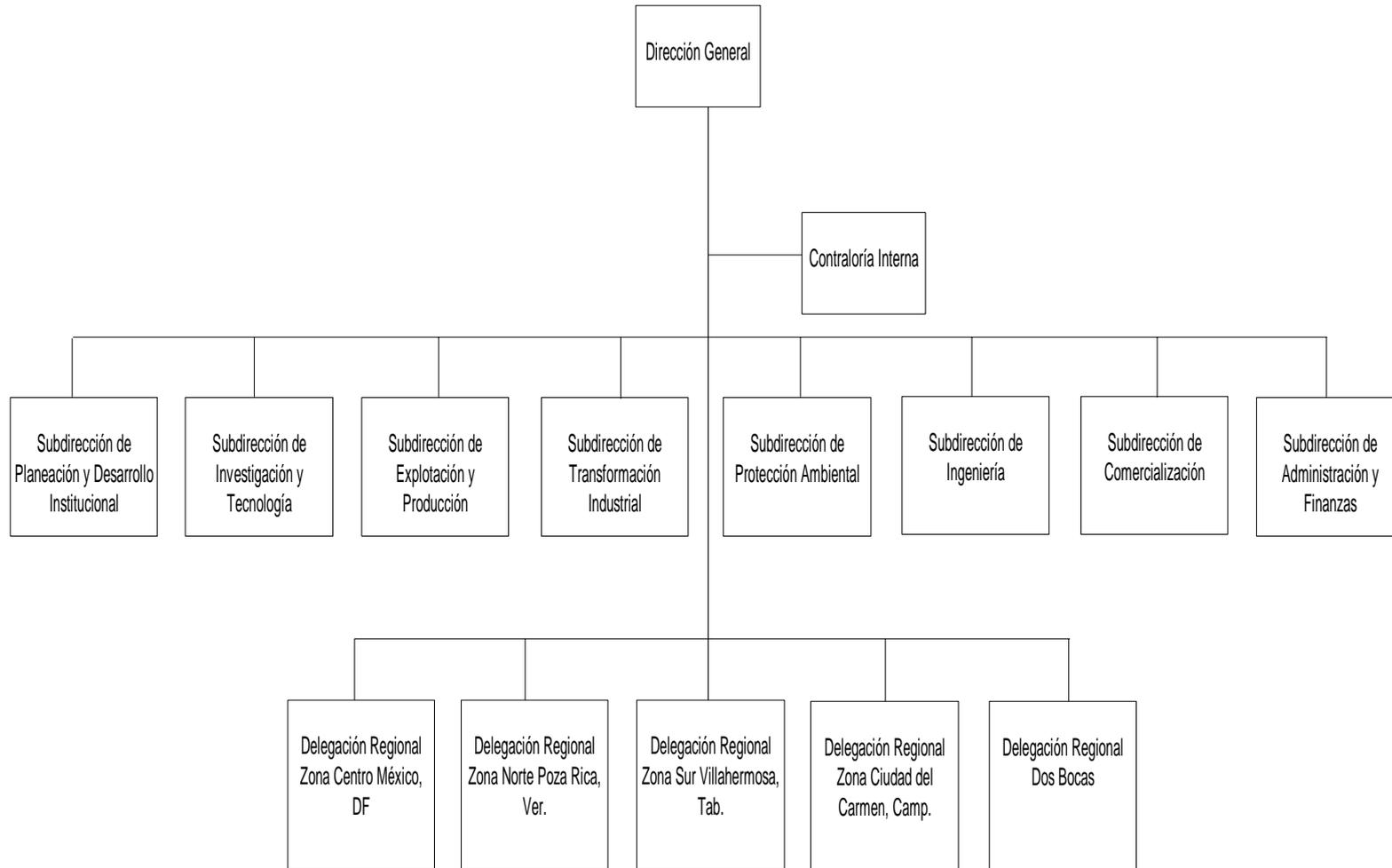
Fuente: IMP (1983).

**Diagrama 3.5.**  
***Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 1993-1997.***



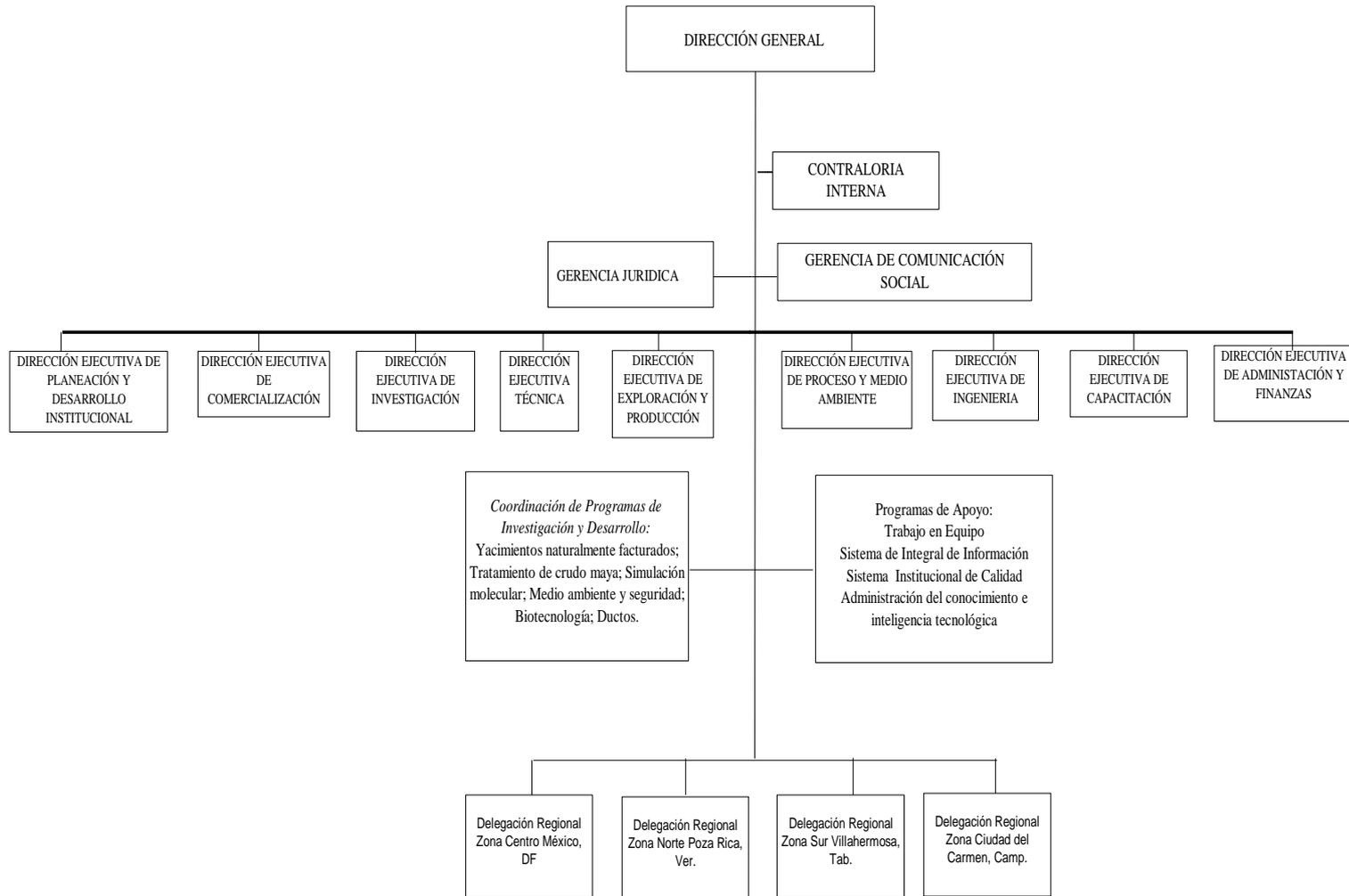
Fuente: Gaceta IMP (1993).

**Diagrama 3.6.**  
***Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 1998-1999.***



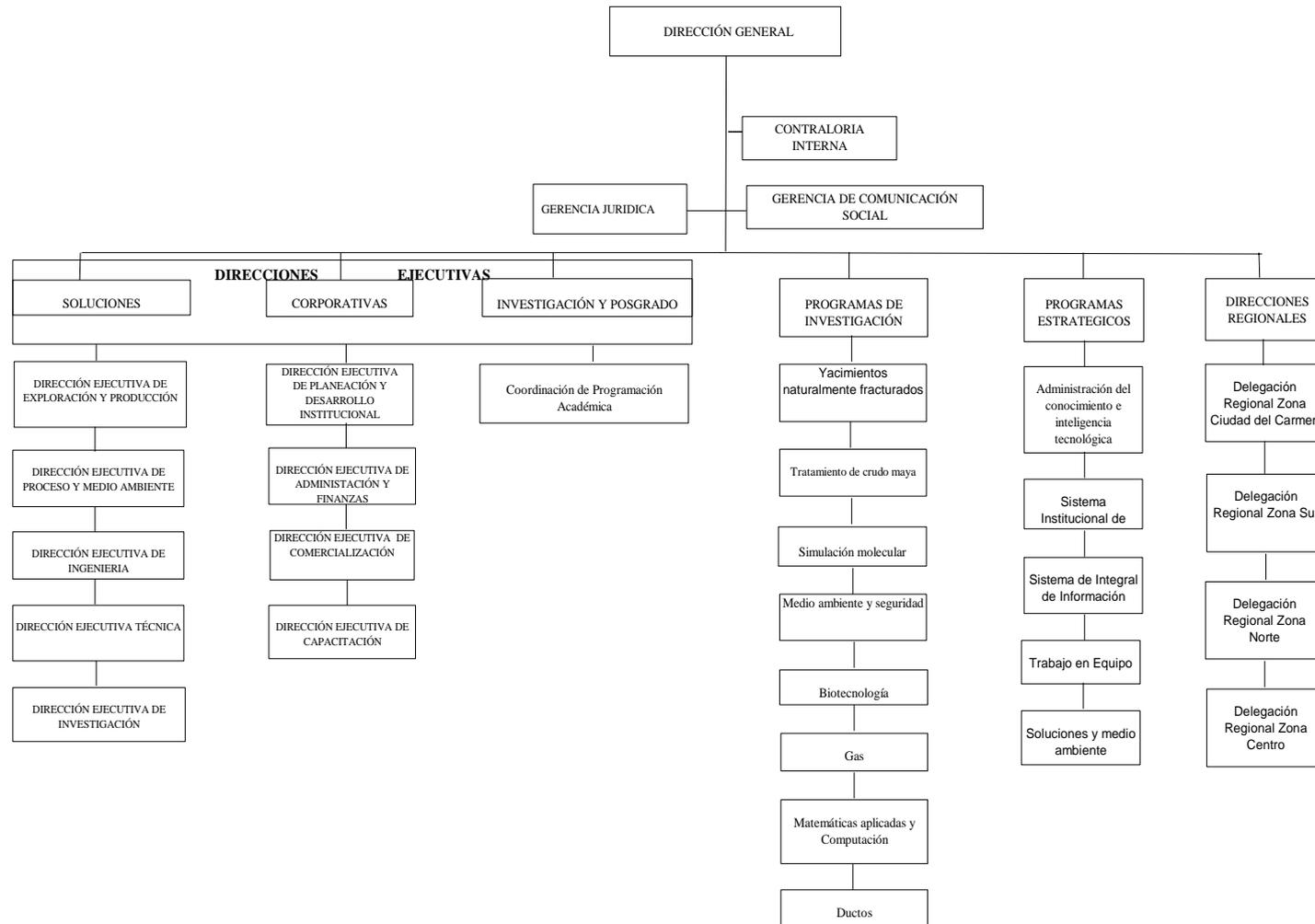
Fuente: IMP (1998).

**Diagrama 3.7.**  
***Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 2000-2002.***



Fuente: Gaceta IMP (2000).

**Diagrama 3.8.**  
***Estructura Organizacional del Instituto Mexicano del Petróleo, 2003.***



**Cuadro 3.5.**

***El ciclo de vida de un proyecto de solución al cliente en la estructura formal de operación***

Concepto	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>1. Fase del ciclo de vida</i>	Identificación de oportunidades	Conceptualización de soluciones	Planeación y desarrollo de la propuesta	Contratación	Tripulación y arranque del proyecto	Ejecución	Cierre	Evaluación y seguimiento
<i>2. Funcionarios involucrados</i>	Atención al cliente	Atención al cliente, Gerentes de soluciones, Ejecutivos de competencias	Jefe de proyecto, Atención al cliente, Gerentes de soluciones, Ejecutivos de competencias	Atención al cliente, Jefe del proyecto, Especialistas	Ejecutivos de competencia, Jefe de proyecto	Jefe de proyecto, Especialistas, Gerente de soluciones	Jefe de proyecto, Gerente solución, Atención al cliente	Seguimiento impacto específico de solución, Gerente de soluciones
<i>3. Líneas de acción estratégica</i>	a. Generación de oportunidades de venta  b. Mantenimiento de la relación con el cliente	a. Reunión con expertos para definir la solución y obtener retroalimentación del cliente  b. Se asigna de manera concertada (soluciones y competencias) al jefe de proyecto y al gerente de soluciones asesor	a. Desarrollo de la propuesta a detalle  b. Planeación de los recursos requeridos  c. Apoyo del gerente de soluciones asesor	a. Presentación de la propuesta y seguimiento para la firma del contrato	a. Confirmación de la planeación de los recursos requeridos  b. Concertación de la tripulación del proyecto con personal de las competencias  c. Organización con el equipo de trabajo	a. Desarrollo del proyecto  b. Realización de reuniones programadas de seguimiento y asesoría técnica  c. Verificación de estándares y especificaciones d. Interacción con el cliente	a. Entrega de la solución al cliente  b. El jefe en evalúa a los integrantes  c. El jefe es evaluado por el cliente, los especialistas, el gerente de solución y atención al cliente	a. El cliente evalúa el proyecto  b. Aseguramiento de la satisfacción del cliente  c. Retroalimentación a las otras plataformas

Fuente: IMP (2000).

**Cuadro 3.6.**  
**Grado profesional por fase de los empleados del IMP, 1973-2001**  
 (Porcentaje)

	<i>Periodo o Fase</i>	<i>Postgrado</i>	<i>Licenciatura</i>	<i>Preparatoria o Técnico</i>	<i>Total</i>
1	<i>Fase 1973-1982</i>	1,1	9,4	14,3	24,9
2	<i>Fase 1983-1992</i>	1,6	20,2	24,4	46,2
3	<i>Fase 1993-2001</i>	2,5	14,9	11,6	28,9
	<i>Periodo 1973-2001</i>	5,2	44,5	50,3	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IMP (2002).

**Cuadro 3.7.**

**Actividad Institucional y grado profesional de los empleados del IMP, 2001**  
(Porcentaje)

	<i>Actividad Institucional</i>	<i>Postgrado</i>	<i>Licenciatura</i>	<i>Preparatoria o Técnico</i>	<i>Total</i>
1	<i>Servicios Técnicos y Tecnológicos</i>	9,5	38,5	14,7	62,6
2	<i>Administración y Finanzas</i>	2,0	12,4	12,9	27,3
3	<i>Investigación</i>	3,1	1,1	1,6	5,8
4	<i>Capacitación</i>	0,3	1,9	2,0	4,2
	<b><i>Total</i></b>	14,9	53,9	31,2	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IMP (2002).

**Cuadro 3.8.**  
***Distribución del gasto de operación ejercido por actividad***  
***institucional del IMP, 1973-2001***  
*(Porcentaje)*

<i>Periodo o Fase</i>	<i>Investigación y Desarrollo Tecnológico</i>	<i>Servicios Técnicos y Tecnológicos</i>	<i>Capacitación</i>	<i>Adminsitración y Finanzas</i>	<i>Total</i>
<i>1 Fase 1973-1982</i>	1,8	8,4	4,2	5,3	19,8
<i>2 Fase 1983-1992</i>	4,4	12,0	5,5	10,7	32,6
<i>3 Fase 1993-2001</i>	7,0	24,0	4,5	12,2	47,7
<b><i>Total Periodo 1973-2001</i></b>	<b>13,2</b>	<b>44,4</b>	<b>14,2</b>	<b>28,2</b>	<b>100</b>

Fuente: Cuadro 3.2 Anexo.

**Cuadro 3.9.**  
***Gasto de operación e inversión del IMP por plataforma y unidad organizacional, 2001 .***  
*(Porcentaje)*

	<i>Plataforma de Operación (Unidad Organizacional)</i>	<i>Gasto Operación</i>	<i>Gasto Inversión</i>	<i>Total</i>
<i>1</i>	Investigación y Desarrollo Tecnológico (Dirección Ejecutiva de Investigación; Proyectos FIES; Programas de Investigación)	13,4	15,9	29,3
<i>2</i>	Soluciones (Exploración y Producción; Proceso y Medio Ambiente; Ingeniería; Capacitación)	43,9	0,3	44,2
<i>3</i>	Atención a Clientes (Delegaciones Regionales)	4,5	1,2	5,7
<i>4</i>	Programas Estratégicos (Información, Administración, Equipo, Ambiental, Calidad)	5,1	0,0003	5,1
<i>5</i>	Dirección General, Corporativo, Dirección Ejecutiva (Planeación y Desarrollo Institucional; Comercialización; Técnica; Administración y Finanzas)	14,0	1,6	15,7
	Total	80,9	19,1	100

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IMP (2002).

**Cuadro 3.10.**  
**Estado institucional de la concertación contractual de proyectos**  
**e ingresos del IMP por cliente, 2003.**

<i>Cliente</i>	<i>Contratados</i>		<i>Proceso de firma</i>		<i>Proceso de negociación</i>		<i>Total</i>		<i>Porcentaje</i>
	<i>Proyectos</i> (Número)	<i>Monto</i> (Millones de pesos)	<i>Proyectos</i> (Número)	<i>Monto</i> (Millones de pesos)	<i>Proyectos</i> (Número)	<i>Monto</i> (Millones de pesos)	<i>Proyectos</i> (Número)	<i>Monto</i> (Millones de pesos)	
<b>1 Pemex Exploración y Producción</b>	<b>234</b>	<b>1782.4</b>	<b>56</b>	<b>255.8</b>	<b>128</b>	<b>885.2</b>	<b>418</b>	<b>2,923.4</b>	<b>81.1</b>
<b>2 Pemex Refinación</b>	<b>35</b>	<b>198.3</b>	<b>12</b>	<b>50.9</b>	<b>10</b>	<b>18.6</b>	<b>57</b>	<b>267.8</b>	<b>7.4</b>
<b>3 Pemex Petroquímica</b>	<b>26</b>	<b>141.3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>41.4</b>	<b>34</b>	<b>182.7</b>	<b>5.1</b>
<b>4 Pemex Gas y Petroquímica Básica</b>	<b>12</b>	<b>25.0</b>	<b>12</b>	<b>37.1</b>	<b>16</b>	<b>25.7</b>	<b>40</b>	<b>87.8</b>	<b>2.4</b>
<b>5 Pemex Corporativo</b>	<b>6</b>	<b>19.2</b>	<b>6</b>	<b>20.2</b>	<b>9</b>	<b>79.4</b>	<b>21</b>	<b>118.8</b>	<b>3.3</b>
<b>6 Terceros</b>	<b>16</b>	<b>25.1</b>	<b>1</b>	<b>0.6</b>	<b>2</b>	<b>0.5</b>	<b>19</b>	<b>26.2</b>	<b>0.7</b>
<b>Total</b>	<b>329</b>	<b>2,191.3</b>	<b>87</b>	<b>364.6</b>	<b>173</b>	<b>1,050.8</b>	<b>589</b>	<b>3,606.7</b>	<b>100</b>

Fuente: SIIIMP-SAP, con cifras del 9 de abril de 2003.

**Cuadro 3.11.**  
**Área de aplicación de las patentes solicitadas por el IMP en México, 1967-2000.**  
 (Porcentaje)

<i>Periodo de Solicitud</i>	<i>Área de aplicación de la patente</i>				
	<i>1. Catalizadores</i>	<i>2. Productos Químicos y Aditivos</i>	<i>3. Proceso Químicos y Refinación</i>	<i>4. Equipos y Otros</i>	<i>5. Total</i>
<i>1 1967-1972</i>	0,8	1,1	2,3	0,3	4,4
<i>2 1973-1982</i>	4,3	5,9	7,4	1,5	19,0
<i>3 1983-1992</i>	6,6	9,6	11,9	20,8	49,0
<i>4 1993-2000</i>	7,6	9,6	3,9	6,4	27,6
<b>Total</b>	19,3	26,3	25,4	28,9	100

Fuente: Cuadro 3.4. Anexo.

**Cuadro 3.12.**

***Estado institucional de las patentes solicitadas por el IMP por área de aplicación, 1967-2000***  
*(Porcentaje)*

<i>Area Aplicación</i>	<i>Estado Institucional</i>				<i>Total</i>
	<i>Solicitud</i>	<i>Concedida</i>	<i>Dominio Público</i>	<i>Abandonada</i>	
1 Catalizadores	5,6	6,1	3,5	5,1	20,2
2 Productos Químicos y Aditivos	5,9	6,3	4,1	9,7	26,0
3 Procesos Químicos y refinación	3,3	4,7	6,6	10,5	25,2
4 Equipos y Otros	4,1	6,2	0,9	17,5	28,6
<i>Total</i>	19,0	23,3	15,0	42,8	100

Fuente: Cuadro 3.5 Anexo

**Cuadro 3.2. Anexo**

***Distribución del gasto ejercido de operación por actividad institucional, 1973-2001.***

<i>Periodo o Fase</i>	<i>Investigación y Desarrollo Tecnológico</i>		<i>Servicios Técnicos y Tecnológicos</i>		<i>Capacitación</i>		<i>Administración y Finanzas</i>		<i>Total</i>	
	<i>Tasa media anual</i>	<i>Porcentaje del total</i>	<i>Tasa media anual</i>	<i>Porcentaje del total</i>	<i>Tasa media anual</i>	<i>Porcentaje del total</i>	<i>Tasa media anual</i>	<i>Porcentaje del total</i>	<i>Tasa media anual</i>	<i>Porcentaje del total</i>
<i>Fase 1973-1982</i>	5	1,8	12	8,4	21	4,2	13	5,3	13	19,8
<i>Fase 1983-1992</i>	10	4,4	19	12,0	8	5,5	10	10,7	12	32,6
<i>Fase 1993-2001</i>	4	7,0	5	24,0	-8	4,5	4	12,2	3	47,7
<b><i>Periodo 1973-2001</i></b>	<b>6</b>	<b>13,2</b>	<b>8</b>	<b>44,4</b>	<b>6</b>	<b>14,2</b>	<b>6</b>	<b>28,2</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IMP (2002).

### **Cuadro 3.3. Anexo**

#### ***Gasto de operación e inversión del IMP por plataforma y unidad organizacional, 2001.***

	<i>Plataforma de Operación o Unidad Organizacional</i>	<i>Gasto Operación</i>	<i>Gasto Inversión</i>	<i>Total</i>
1	<b>Investigación y Desarrollo Tecnológico</b> (Dirección Ejecutiva de Investigación; Proyectos FIES; Programas de Investigación)	377486,9	449349,5	826836,4
2	<b>Soluciones</b> (Exploración y Producción; Proceso y Medio Ambiente; Ingeniería; Capacitación)	1236897	8745,5	1245642,5
3	<b>Atención a Clientes</b> (Delegaciones Regionales)	126559,9	34657,3	161217,2
4	<b>Programas Estratégicos</b> (Información, Administración, Equipo, Ambiental, Calidad)	142871,9	7,6	142879,5
5	<b>Dirección General, Corportivo, Dirección Ejecutiva</b> (Planeación y Desarrollo Institucional; Comercialización; Técnica; Administración y Finanzas)	398849,2	44649,6	443498,8
	Total	2282664,9	537309,5	2819974,4

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de IMP (2002).

**Cuadro 3.4 . Anexo**  
**Área de aplicación de las patentes solicitadas por el IMP en México, 1967-2001.**

<i>Solicitud</i> <i>Periodo</i>	<i>Area Aplicación de la patente</i>				<i>Total</i>
	<i>Catalizadores</i>	<i>Equipos y</i> <i>Otros</i>	<i>Proceso</i> <i>Químicos y</i> <i>Refinación</i>	<i>Productos</i> <i>Químicos y</i> <i>Aditivos</i>	
<i>1</i> 1967-1972	6	2	18	9	35
<i>2</i> 1973-1982	34	12	59	47	152
<i>3</i> 1983-1992	53	166	95	77	391
<i>4</i> 1993-2000	61	51	31	77	220
<b>Total</b>	<b>154</b>	<b>231</b>	<b>203</b>	<b>210</b>	<b>798</b>

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Patentes del IMP, UAM Xochimilco e IMP, México, 2002.

**Cuadro 3.5 . Anexo**  
***Estado institucional de las patentes solicitadas por el IMP por área de aplicación, 1967-2000.***

<i>Area Aplicación</i>	<i>Estado Institucional</i>				Total
	<i>Solicitud</i>	<i>Concedida</i>	<i>Dominio Público</i>	<i>Abandonada</i>	
1 Catalizadores	44	48	28	41	161
2 Productos Químicos y Aditivos	47	50	33	77	208
3 Procesos Químicos y refinación	27	38	52	84	201
4 Equipos y Otros	33	49	7	139	228
<i>Total</i>	151	186	120	341	798

Fuente: Elaboración propia a partir de Base de Datos de Patentes del IMP, UAM Xochimilco e IMP, México, 2002.

**Cuadro 4.1.**  
**Cambio de la estructura formal de organización del Área de Catálisis del IMP, 1965-2003.**

Temporalidad de la Estructura		Subdirección General o Dirección Ejecutiva	Subdirección o Competencia	Componentes del Área de Catálisis				
				Gerencia o División	Investigación básica	Investigación aplicada y Desarrollo tecnológico	Servicios Tecnológicos a PEMEX	Servicios a la investigación
1	1967	Subdirección de Investigación Científica Aplicada		1. Ciencias 2. Aplicadas	1.1 Química 1.2 Física 1.3 Cibernética 1.4 Matemáticas 2.1 Computación Digital 2.2 Computación Análoga			
2	1968-1973			1. Química 2. Física	1.1 Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores		2.1 Laboratorios Rayos X, EPR, Adsorción	
3	1974			1. Química 2. Física 3. Catálisis	3.1 Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores		3.2 Laboratorios Rayos X, EPR, Adsorción	
4	1975-1982	Subdirección de Investigación Básica de Procesos		1. Catálisis 2. FísicoQuímica de Superficies 3. Termodinámica y fenómenos de transporte 4. Cinética y Mecanismo de Reacción	1.1 Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores		2.1 Laboratorios Rayos X, EPR, Adsorción, Esca/Auger, Microscopía	
		Subdirección de Tecnología de Refinación y Petroquímica		1. Refinación combustibles 2. Productos petroquímicos 3. Procesos químicos	1.1 Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores		1.2 Plantas Piloto	
5	1983-1992	Subdirección General de Investigación Aplicada (1989)	Subdirección de Investigación Básica de Procesos	1. Gerencia Ciencias Básicas 2. Gerencia de Catálisis y Materiales 3. Gerencia de Procesos		2.1 Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores	2.2 Laboratorios Rayos X, EPR, Adsorción, Esca/Auger, Microscopía	
		Subdirección General de Transformación Industrial	Subdirección de Tecnología de Refinación y Petroquímica	1. Gerencia de Catálisis 2. Otras Gerencias		1.1 Departamento de Síntesis y Evaluación de Catalizadores	1.2 Plantas Piloto	
6	1993-1999	Subdirección General de Transformación Industrial	Gerencia de Catálisis y Materiales		1. Nuevos materiales	2. Hidrotratamiento y Reformación 3. FCC 4. Especialidades Ambientales y Petroquímicas	5. Servicio Técnico de Catalizadores HDS, FCC, RN	6. Laboratorios Caracterización 7. Plantas Piloto 8. Comercialización y logística
7	2000	Dirección Ejecutiva de Proceso y Medio Ambiente	Plataformas de la Competencia de Catalizadores	1. Gerencia de Atención a Clientes			2.1 Servicio Técnico de Catalizadores HDS, FCC, RN	2.2 Simulación de procesos catalíticos
				2. Gerencia de Soluciones				
				3. Investigación y desarrollo tecnológico	3.1 Ciencia de materiales 3.2 Simulación cuántica	3.3 Síntesis Catalizadores HDS, FCC, RN, Otros	4.1 Evaluación de catalizadores a nivel laboratorio y (4.2) planta piloto	
				4. Competencias en el Área de Catálisis				

Fuente: Elaboración propia a partir de Beltrán (2002); García-Colín (2003); Maldonado y Domínguez (2003); Manjarréz (2003).

**Cuadro 4.2.**  
***El paradigma de la catálisis y las trayectorias tecnológicas de catalizadores en la industria petrolera.***

<b>1. Paradigmas Catalíticos</b>	
1.1 Homogénea	No hay separación de fases. Los catalizadores son moléculas que comparten el solvente con los reactivos o se incorporan directamente a los mismos. Estos catalizadores son de alta velocidad de reacción. Su inconveniente es la dificultad para separar el catalizador de su producto. Se utiliza en procesos petroquímicos específicos.
1.2 Heterogénea	El catalizador es insoluble en los sistemas químicos. Resulta de reacciones en fase líquida o gaseosa con catalizadores en estado sólido. Las reacciones químicas están relacionadas con las propiedades químicas y físicas de la superficie del catalizador. Es conveniente al no presentar dificultad para separar el catalizador de su producto. Se utiliza ampliamente en procesos de refinación de combustibles y petroquímicos específicos.
1.3 Enzimática	Reacciones químicas que ocurren con sistemas vivos o enzimas. Todas las enzimas son proteínas. La gran ventaja de estos biocatalizadores es su alto grado de actividad y selectividad. Sin embargo, en cuanto a su estabilidad no siempre se logra alcanzar en los términos esperados. Se utiliza ampliamente en la industria de bebidas, alimentos y farmacéuticos.
<b>2. Catalizador heterogéneo</b>	
2.1 Catalizador	Compuesto que promueve reacciones químicas -aumentando la velocidad-, sin ser consumido en las mismas. Se compone de tres elementos:
2.1.1 Soporte	Elemento de superficie porosa en cuyas cavidades se fija el elemento activo y promotores.
2.1.2 Fase activa	Elemento que activa una reacción química específica con un menor consumo de energía.
2.1.3 Promotor	Otros elementos que contribuyen en determinado sentido durante las reacciones químicas.
2.2 Reacción	Mecanismo de reacciones químicas y físicas sobre la superficie porosa, en cada una de las cavidades del soporte, entre el elemento activo y el elemento a transformar.
<b>3. Características de la reacción catalítica heterogénea</b>	
3.1 Actividad	Capacidad para lograr la conversión de una carga estándar a condiciones de operación de referencia. La consecuencia del efecto acelerador del catalizador. Velocidad de reacción en moles transformados por segundo y gramo de catalizador.
3.2 Selectividad	Rendimiento del producto o productos deseados de una conversión dada. Un catalizador es más selectivo cuanto más productos o productos arroja.
3.3 Estabilidad	Capacidad para mantener la actividad y selectividad a lo largo del tiempo de uso. Refiere a la vida útil del catalizador.
3.4 Desactivación Regeneración	La estabilidad del catalizador termina. Puede ser por envenenamiento, coqueificación, cambio térmico o desgaste del elemento activo, en la superficie del catalizador. Existen procesos para regenerar catalizadores.
<b>4. Trayectorias tecnológicas asociadas a procesos catalíticos heterogéneos para refinar combustibles</b>	
4.1 Desintegración	FCC, Craqueo térmico, Reducción Viscosidad, Hidrocraqueo, Coquización, Gasificación
4.2 Rearreglo Molecular	Reformación, Isomerización, Hidrodesulfuración, Hidrogenación, Saturación, Deshidrogenación
4.3 Construcción Molecular	Alquilación, Eterificación, polimerización, Dimerización

Fuente: Elaboración propia a partir de Barnés (1997); Díaz y Fuentes (1988, 1997); Pérez (2002).

**Cuadro 4.8.**  
**Trayectorias tecnológicas de la investigación básica: Patentes solicitadas,**  
**1972-2000**  
**(Porcentaje)**

Tipo de Catalizador	Periodo de solicitud		Total
	1972-1986	1987-2000	
1. Zeolitas	11,8	10,3	22,1
<i>Tasa de crecimiento</i>		-12,5	
2. Alumina	7,4	5,9	13,2
<i>Tasa de crecimiento</i>		-20,0	
3. Oxidación	2,9	4,4	7,4
<i>Tasa de crecimiento</i>		50,0	
4. Oxiclорación	2,9	2,9	5,9
<i>Tasa de crecimiento</i>		0,0	
5. Catalizador Metálico	1,5	1,5	2,9
<i>Tasa de crecimiento</i>		0,0	
6. Gas Síntesis	1,5	1,5	2,9
<i>Tasa de crecimiento</i>		0,0	
7. Subtotal principales trayectorias (porcentaje)	27,9	26,5	54,4
<i>Tasa de crecimiento principales trayectorias</i>		-5,0	
8. Subtotal trayectorias abandonadas (9): Etileno; Agua Pesada; Estireno; Transformación Selectiva Hidrocarburos; Heterogeneización; Acrilonitrilo; Alcohol Furfúrilico; Parafinas; Síntesis Titanaticos Aromáticos	20,6		20,6
9. Subtotal trayectorias nuevas (14): Material Cerámico; Espinelas; Absorción Bioxido Carbono; Acetona; Ciclohexano; Éteres; Ferresilicatos Estereoselectivas; Hidrotalcitas; Isobutileno; Metano; Pilas Combustible; Solidos; Soporte Catalítico; Talocianina Cobalto Tetrasulfonada		25,0	25,0
10. Total	49	51	100
<i>Tasa de crecimiento total</i>		4,1	

Fuente: Cuadro 4.3 Anexo.

**Cuadro 4.9.**  
**Trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada: Patentes**  
**solicitadas, 1972-2000**  
(Porcentaje)

	Tipo de Catalizador	Periodo de solicitud		Total
		1972-1986	1987-2000	
1	Hidrotratamiento	13,7	16,8	30,5
	<i>Tasa de crecimiento</i>		23,1	
2	Reformación Nafta	6,3	10,5	16,8
	<i>Tasa de crecimiento</i>		66,7	
3	FCC	1,1	9,5	10,5
	<i>Tasa de crecimiento</i>		800,0	
4	Isomerización	0,0	9,5	9,5
	<i>Tasa de crecimiento</i>		100,0	
5	Recuperación Azufre	5,3	4,2	9,5
	<i>Tasa de crecimiento</i>		-20,0	
6	Medio Ambiente	1,1	8,4	9,5
	<i>Tasa de crecimiento</i>		700,0	
7	Polimerización	4,2	2,1	6,3
	<i>Tasa de crecimiento</i>		-50,0	
8	Recuperación Metales, Regeneración Catalizador	3,2	2,1	5,3
	<i>Tasa de crecimiento</i>		-33,3	
9	Aceites Lubricantes	2,1	0,0	2,1
	<i>Tasa de crecimiento</i>		-100,0	
	<b>10. Total</b>	<b>36,8</b>	<b>63,2</b>	<b>100</b>
	<i>Tasa de crecimiento</i>		71,4	

Fuente: Cuadro 4.4 Anexo.

**Cuadro 4.10.**  
**La solicitud de una patente en el IMP: el caso del proceso de obtención del MP-Oso, 2003.**

		Actor		Proceso organizacional	
	<i>¿Quién lo hizo?</i>	<i>Función ¿Qué hace en la Organización?</i>	<i>Función real ¿Qué hace en este caso?</i>	<i>Actividad ¿Qué hizo?</i>	<i>Agencia ¿Hizo la diferencia?</i>
Incluidos en la patente					
1	Dr. E. Reyes H.	Investigador en Área de Catálisis Básica	Inventor	Un método para obtener un material catalítico específico	El proceso es técnicamente novedoso, es una innovación incremental
2	Dr. O. Martínez B.	Investigador en Área de Catálisis Básica	Coinventor	Realizó las primeras investigaciones sobre este material en los noventa	Transfirió su conocimiento explícito y tácito
3	Dr. R. Miranda T.	Jefe de Proyecto de Investigación e Investigador	Gestor	Gestionó recursos materiales y equipo sofisticado para la investigación	Dispuso las condiciones materiales necesarias para la efectiva realización de esta investigación.
No incluido en la patente					
4	Dr. R. Molina S.	Investigador en Área de Catálisis Básica	Gestor	Gestionó el uso del laboratorio para caracterizar el material	Contribuyó con la gestión de condiciones de uso de laboratorio efectivas

Fuente: Elaboración propia a partir de entrevistas, IMP (2002).

**Cuadro 4.11.**  
**Organización del proceso de innovación de un Catalizador de Hidrotratamiento en el IMP.**

---

---

Fase I: Diseño tecnológico a nivel laboratorio y planta piloto

---

Etapa 1: *Plan de experimentación*

Etapa 2: *Diseño del catalizador*

Etapa 3: *Tecnología*

---

Fase II: Escalamiento Industrial

---

Etapa 4: *Bases de escalamiento industrial*

Etapa 5: *Programa tecnológico escala industrial*

Etapa 6: *Interacción tecnológica para producción industrial*

Etapa 7: *Catalizador de escala industrial*

---

Fase III: Comercialización: Consumo Industrial y Servicios Tecnológicos

---

Etapa 8: *Manufactura*

Etapa 9: *Comercialización*

Etapa 10: *Servicio*

---

Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (2002).

**Cuadro 4.11a.**  
**Fase I: Diseño tecnológico a nivel laboratorio y planta piloto**

---

---

*Etapa 1: Plan de experimentación*

---

1. Identificar necesidad tecnológica
  2. Asimilar tecnología actual, nueva
  3. Definir parámetros claves
  4. Definir programas experimentales
- 

*Etapa 2: Diseño del catalizador*

---

1. Diseño de la matriz (soporte)
  2. Diseño solución impregnante
  3. Tecnología de impregnación
  4. Tratamiento térmico (secar, calcinar)
  5. Caracterización (física, química)
- 

*Etapa 3: Tecnología*

---

1. Evaluación microreacción: actividad, selectividad, estabilidad
  2. Selección prototipos
  3. Evaluación prototipos planta piloto
    - i) *Actividad, selectividad, estabilidad,*
    - ii) *Tiempo de vida*
    - iii) *Efecto de condiciones de operación,*
    - iv) *Contaminantes*
  4. Selección prototipos
  5. Tecnología preparación catalizador HDT: laboratorio, planta piloto
  6. Reunión empresa seleccionada socio tecnológico
  7. Firmar convenios de confidencialidad
- 

Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (2002).

**Cuadro 4.11b.**  
**Fase II: Escalamiento Industrial**

---

*Etapa 4: Bases de escalamiento industrial*

---

1. Identificar y obtener reactivos y soportes industriales;  
Estudio escalamiento soportes
  2. Técnicas preparación catalizador a nivel laboratorio
  3. Análisis sistemas industriales de producción de catalizadores  
versus Metodología IMP
  4. Caracterización analítica prototipos versus catalizador laboratorio IMP
- 

*Etapa 5: Programa tecnológico escala industrial*

---

1. Evaluar prototipos nivel planta piloto: actividad, selectividad, estabilidad
  2. Estudios de selección de prototipo: comportamiento similar o superior a  
laboratorio
  3. Elaboración paquete tecnología IMP; Materias primas grado industrial
  4. Reunión investigadores IMP-Socio Tecnológico; Presentar tecnología IMP;  
Programa escalamiento industrial
- 

*Etapa 6: Interacción tecnológica para producción industrial*

---

1. Intercambio Técnicas analíticas; Asimilación tecnología IMP
  3. Revisión métodos y sistemas de evaluación
  4. Preparación Prototipos nivel planta piloto por ST
  - 5.1 Caracterización Laboratorios IMP y Laboratorios Socio tecnológico
  - 5.2 Evaluación planta piloto IMP y planta piloto Socio tecnológico
  6. Definir metodología industrial de producción del catalizador
- 

*Etapa 7: Catalizador de escala industrial*

---

1. Preparación industrial del catalizador
  2. Supervisión manufactura
  3. Caracterización y evaluación prototipo industrial:  
actividad, selectividad, estabilidad
  4. Elaborar Manual Operación catalizador; con o sin el Socio tecnológico
  5. Firmar convenios comerciales con Socio tecnológico
- 

Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (2002).

***Cuadro 4.11c.***  
***Fase III: Comercialización: Consumo Industrial y Servicios Tecnológicos***

---

---

*Etapa 8: Manufactura*

---

1. Presentación de tecnología del nuevo catalizador a PEMEX Refinación
  2. Solicitud de Prueba Industrial
  3. Manufactura del catalizador
  4. Descargar viejo catalizador, cargar nuevo
  5. Evaluación Industrial
- 

*Etapa 9: Comercialización*

---

1. Consumo industrial nuevo catalizador por PEMEX Refinación:
    - A. Socio tecnológico fabrica lotes catalizador; factura a PEMEX
    - B. Socio tecnológico paga regalías al IMP
- 

*Etapa 10: Servicio*

---

1. Servicios tecnológicos:
    - A. Servicios IMP; factura a PEMEX:
      - i) Seguimiento comportamiento catalizador;
      - ii) Asistencia técnica para óptimo funcionamiento
    - B. Servicios Socio tecnológico
  2. Retroalimentación proveedor usuario para innovar o realizar mejora
    - A. Cambiar catalizador por uno mejorado
    - B. Catalizador desecho industrial; normas ambientales
- 

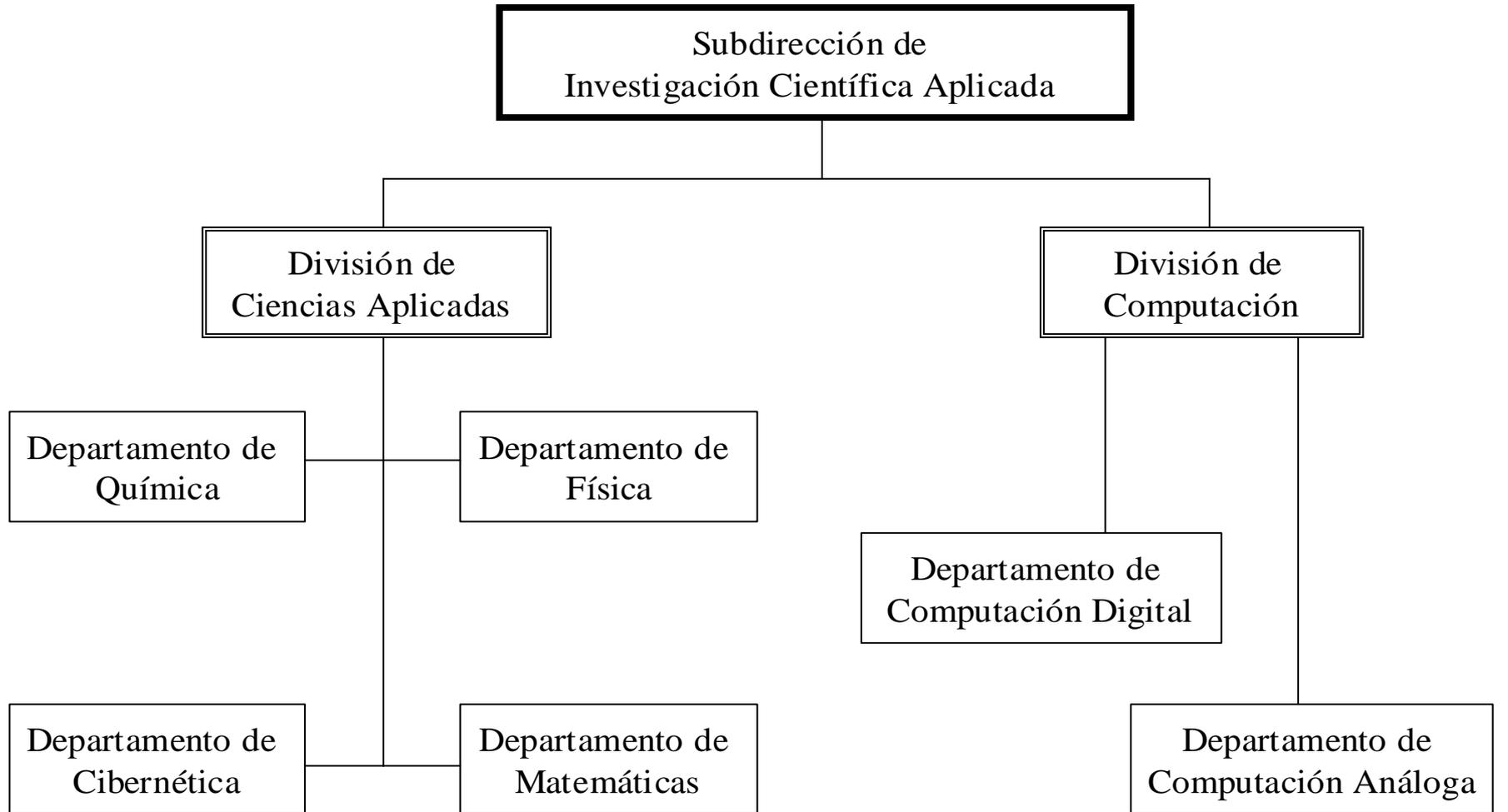
Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (2002).

**Cuadro 4.3 Anexo**  
**Trayectorias tecnológicas de la investigación básica: Patentes solicitadas, 1972-2000**

Tipo de Catalizador		Patentes (porcentaje)			Inventores por patente (promedio)		
		Periodo de solicitud		Total	Periodo de solicitud		Total
		1972-1986	1987-2000		1972-1986	1987-2000	
1	Zeolitas	8	7	15	2,3	4,3	3,2
2	Alumina	5	4	9	1,0	3,5	2,1
3	Oxidación	2	3	5	2,0	3,7	3,0
4	Oxicloración	2	2	4	1,0	2,5	1,8
5	Catalizador Metálico	1	1	2	3,0	6,0	4,5
6	Gas Síntesis	1	1	2	2,0	4,0	3,0
7	Etileno	3		3	2,7		2,7
8	Agua Pesada	2		2	4,0		4,0
9	Estireno	2		2	2,5		2,5
10	Transformación Selectiva Hidrocarburos	2		2	7,5		7,5
11	Heterogeneización	1		1	2,0		2,0
12	Acrilonitrilo	1		1	3,0		3,0
13	Alcohol Furfúrilico	1		1	2,0		2,0
14	Parafinas	1		1	2,0		2,0
15	Síntesis Titanaticos Aromáticos	1		1	3,0		3,0
16	Material Cerámico		3	3		3,0	3,0
17	Espinelas		2	2		4,0	4,0
18	Absorción Bioxido Carbono		1	1		3,0	3,0
19	Acetona		1	1		6,0	6,0
20	Ciclohexano		1	1		2,0	2,0
21	Éteres		1	1		2,0	2,0
22	Ferresilicatos Estereoselectivas		1	1		5,0	5,0
23	Hidrotalcitas		1	1		2,0	2,0
24	Isobutileno		1	1		3,0	3,0
25	Metano		1	1		2,0	2,0
26	Pilas Combustible		1	1		1,0	1,0
27	Solidos		1	1		6,0	6,0
28	Soporte Catalítico		1	1		2,0	2,0
29	Talocianina Cobalto Tetrasulfonada		1	1		2,0	2,0
<i>Total</i>		33	35	68	2,5	3,5	3,0

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Patentes de Catalizadores del IMP, UAM Xochimilco e IMP, 2001.

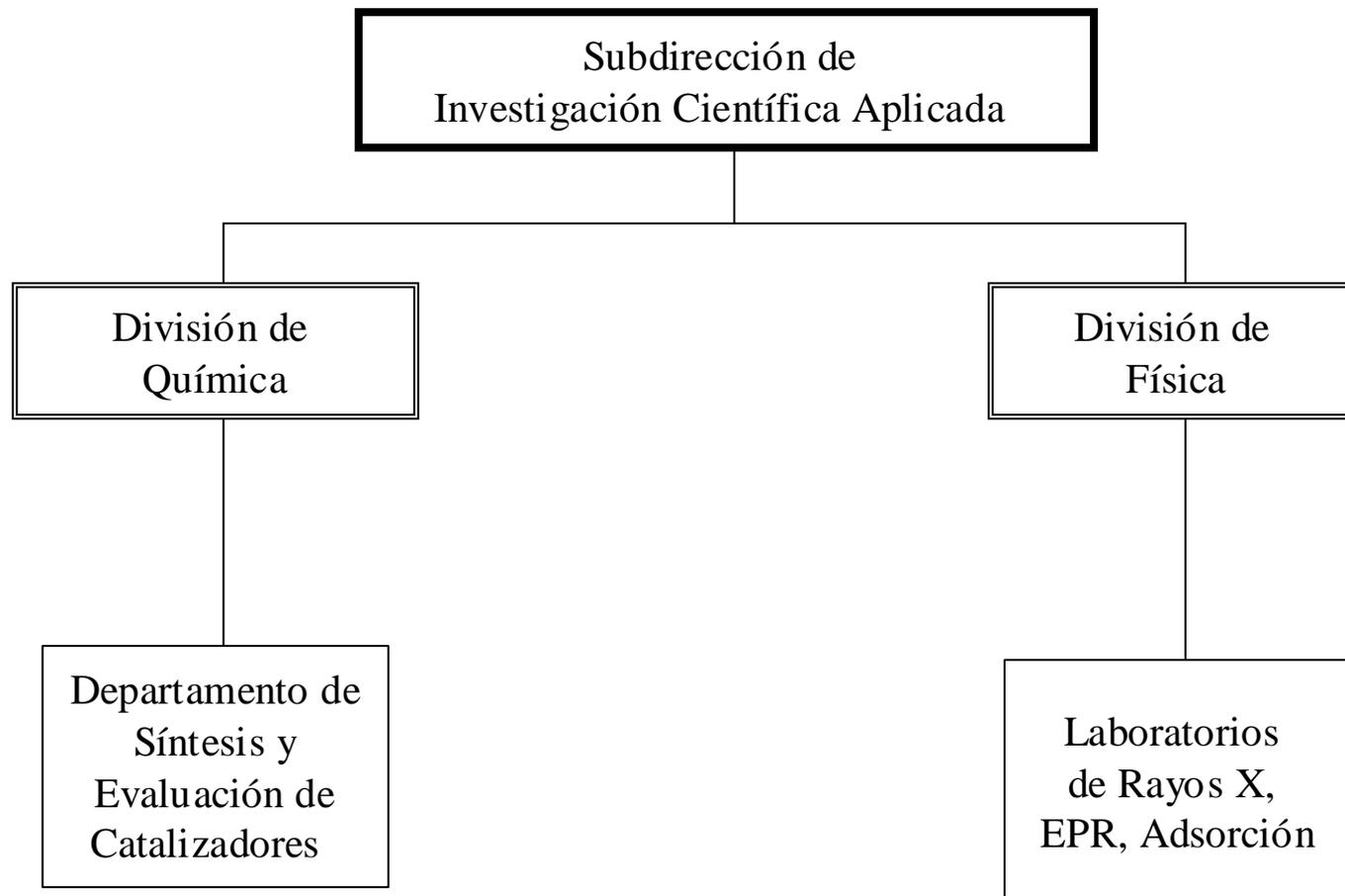
*Diagrama 4.1.  
Organización del Área de Catálisis del IMP, 1967.*



*Fuente: Maldonado (2003).*

*Diagrama 4.2.  
Organización del Área de Catálisis del IMP, 1968-1973.*

---

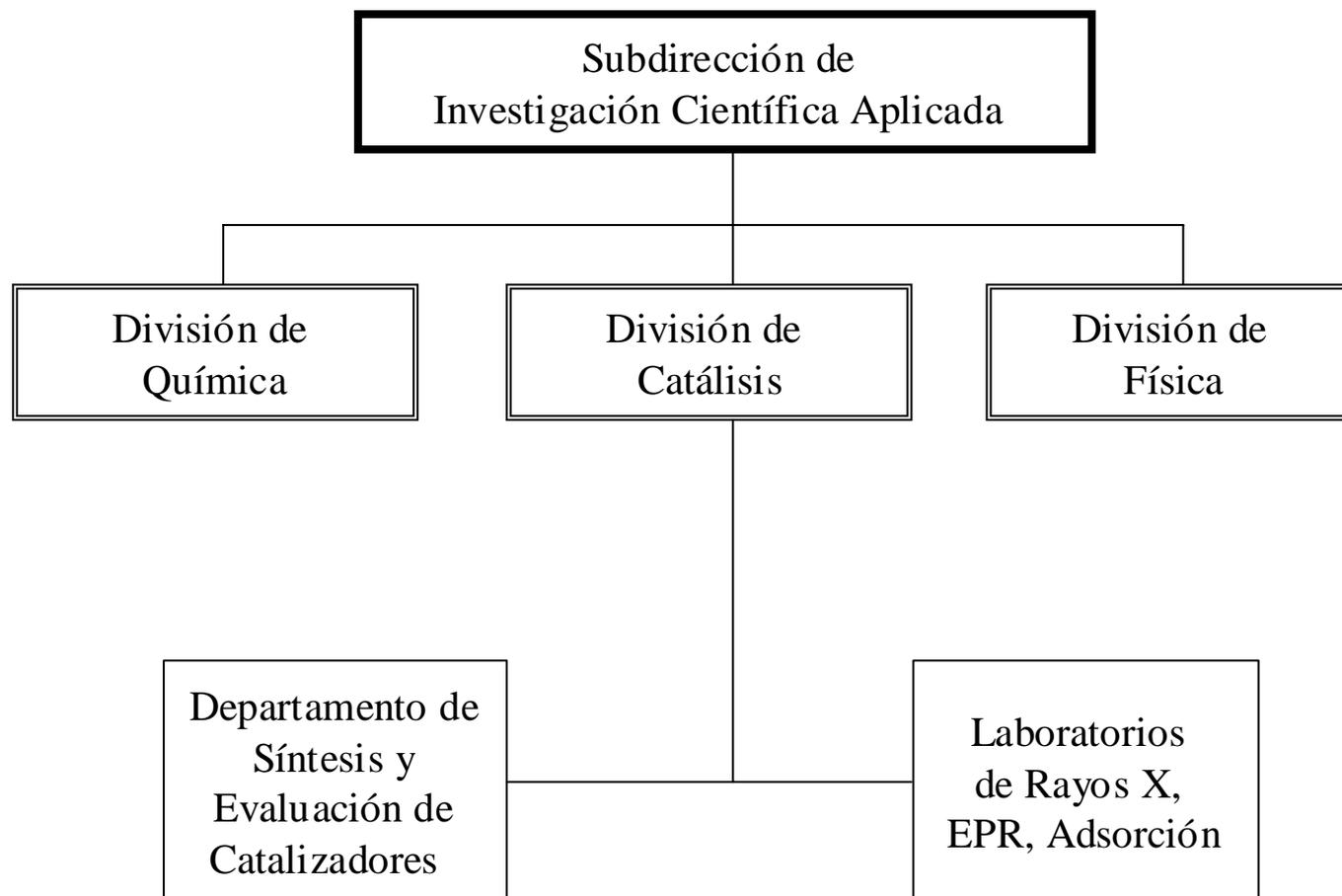


---

*Fuente: Maldonado (2003); Domínguez (2003).*

**Diagrama 4.3.**  
**Organización del Área de Catálisis del IMP, 1974.**

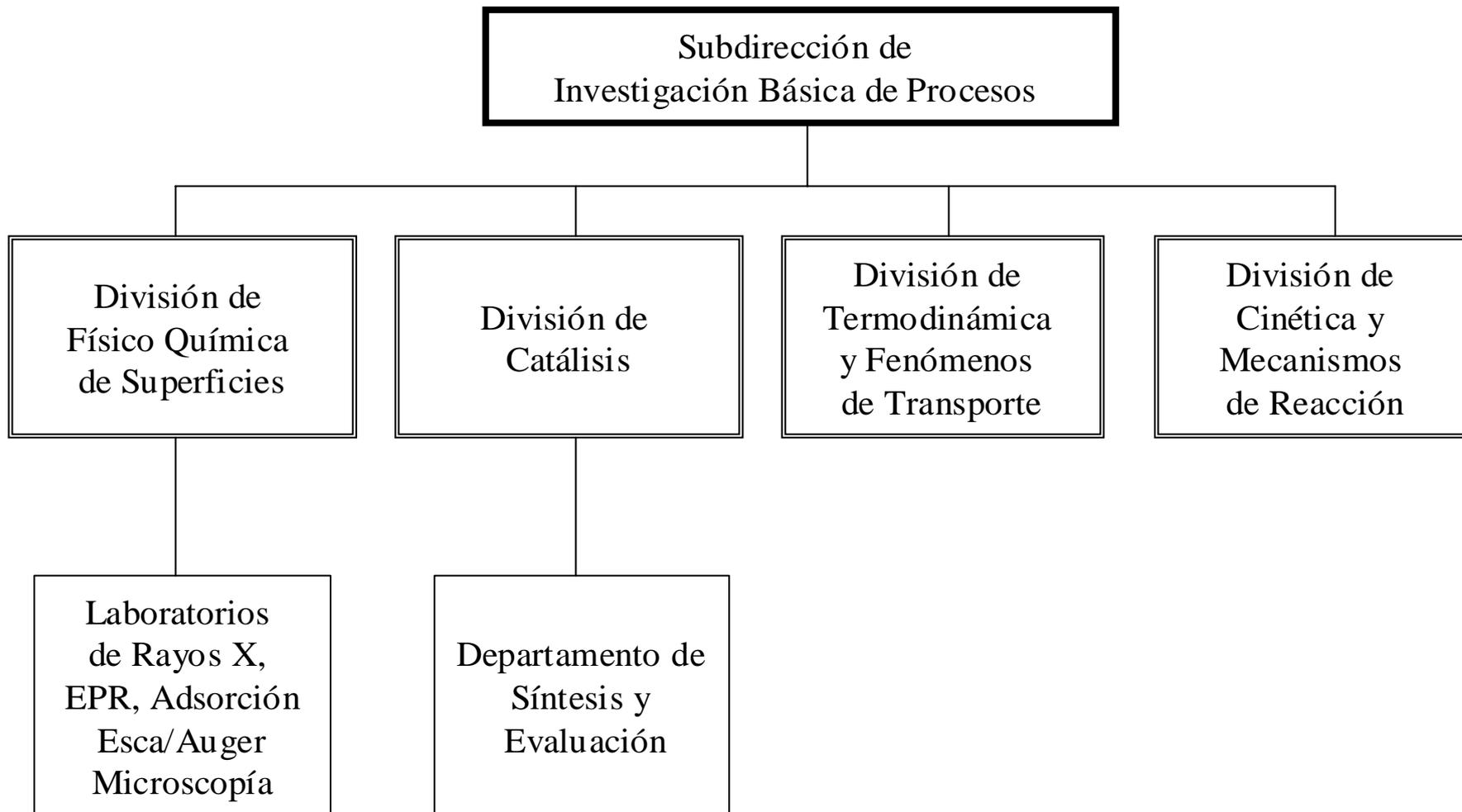
---



---

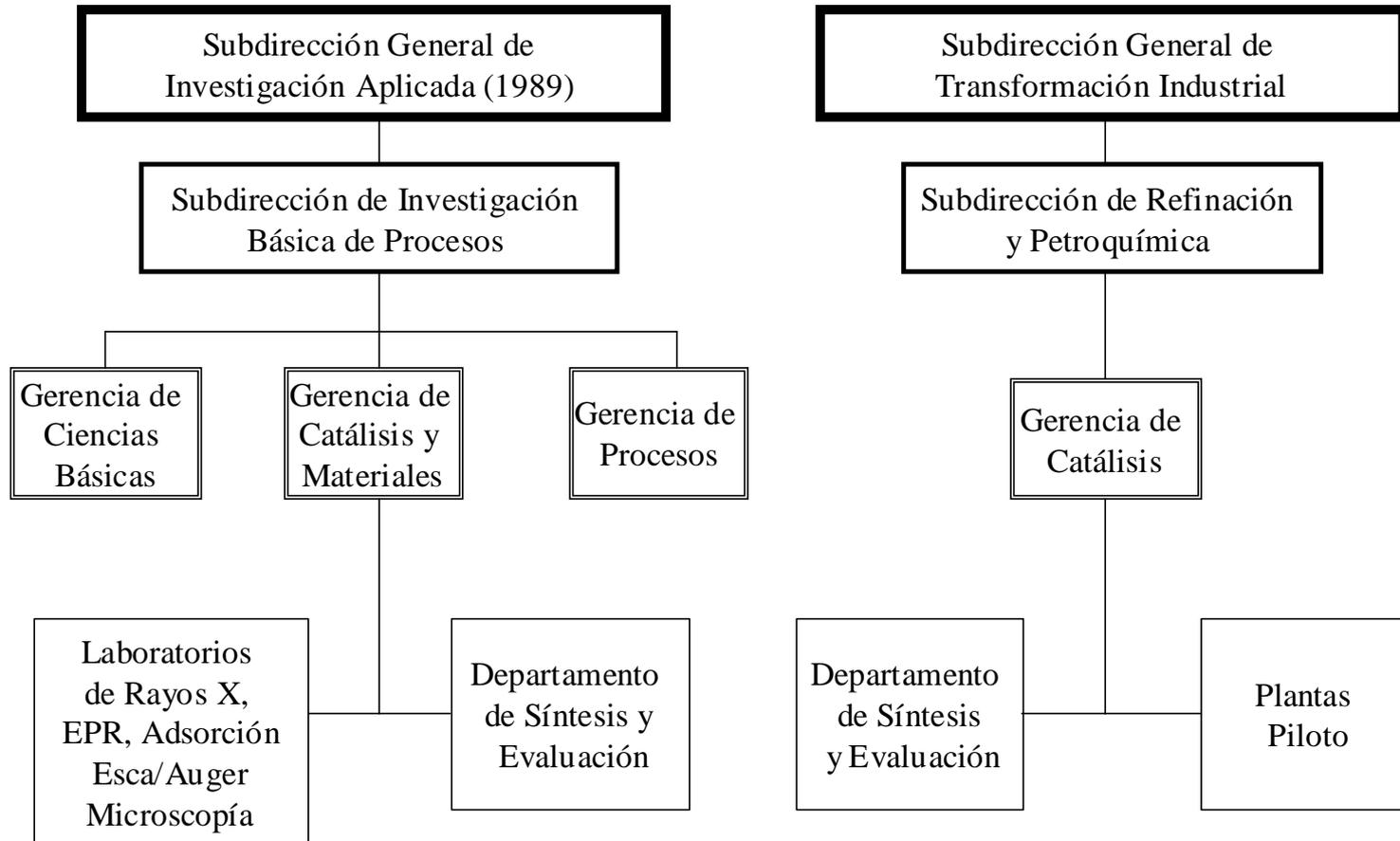
*Fuente: Maldonado (2003); Domínguez (2003).*

**Diagrama 4.4.**  
**Organización del Área de Catálisis del IMP, 1975-1982.**



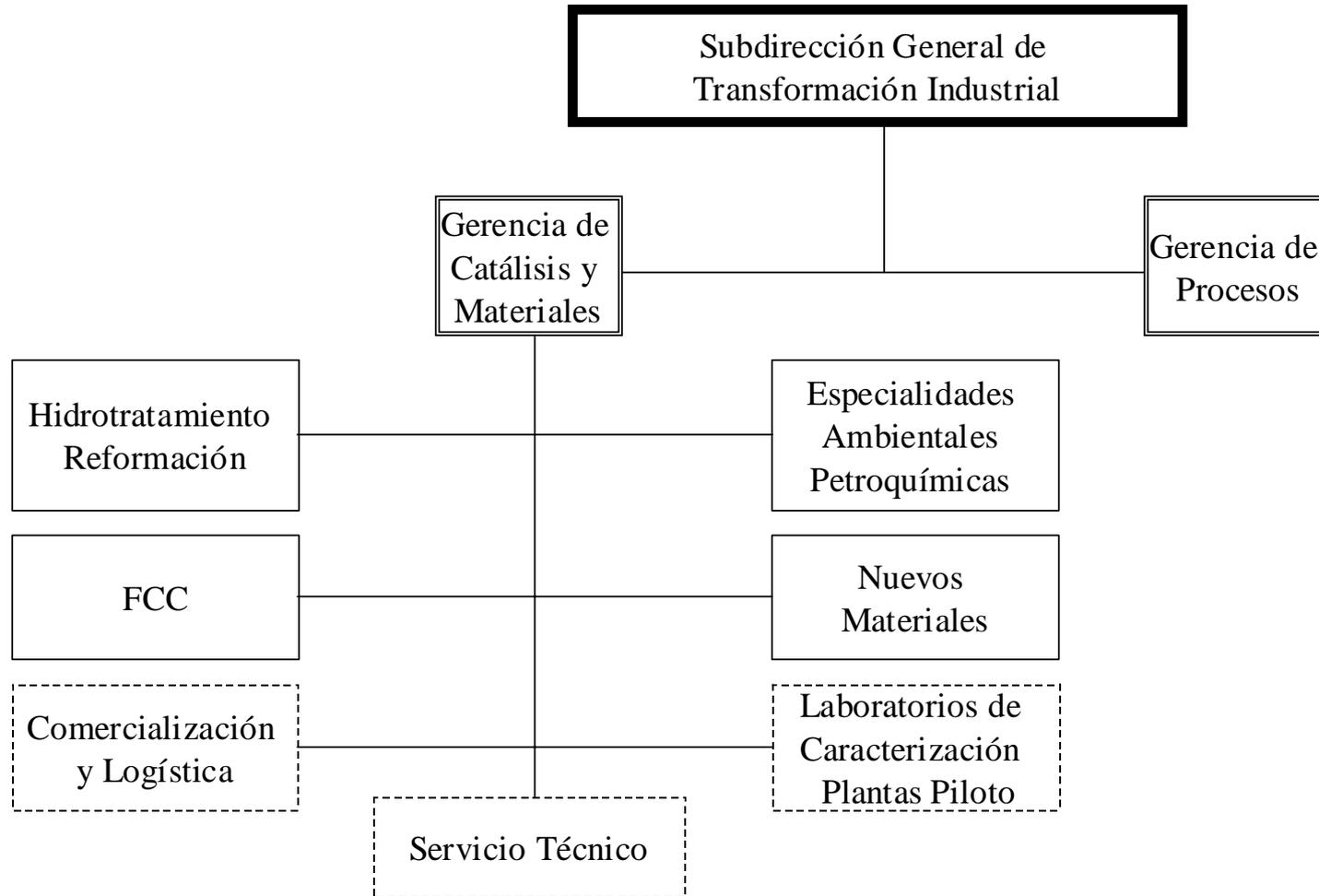
*Fuente: Maldonado (2003); Domínguez (2003).*

**Diagrama 4.5.**  
**Organización del Área de Catálisis del IMP, 1983-1992.**



Fuente: Gaceta IMP (1993); Maldonado (2003); Domínguez (2003).

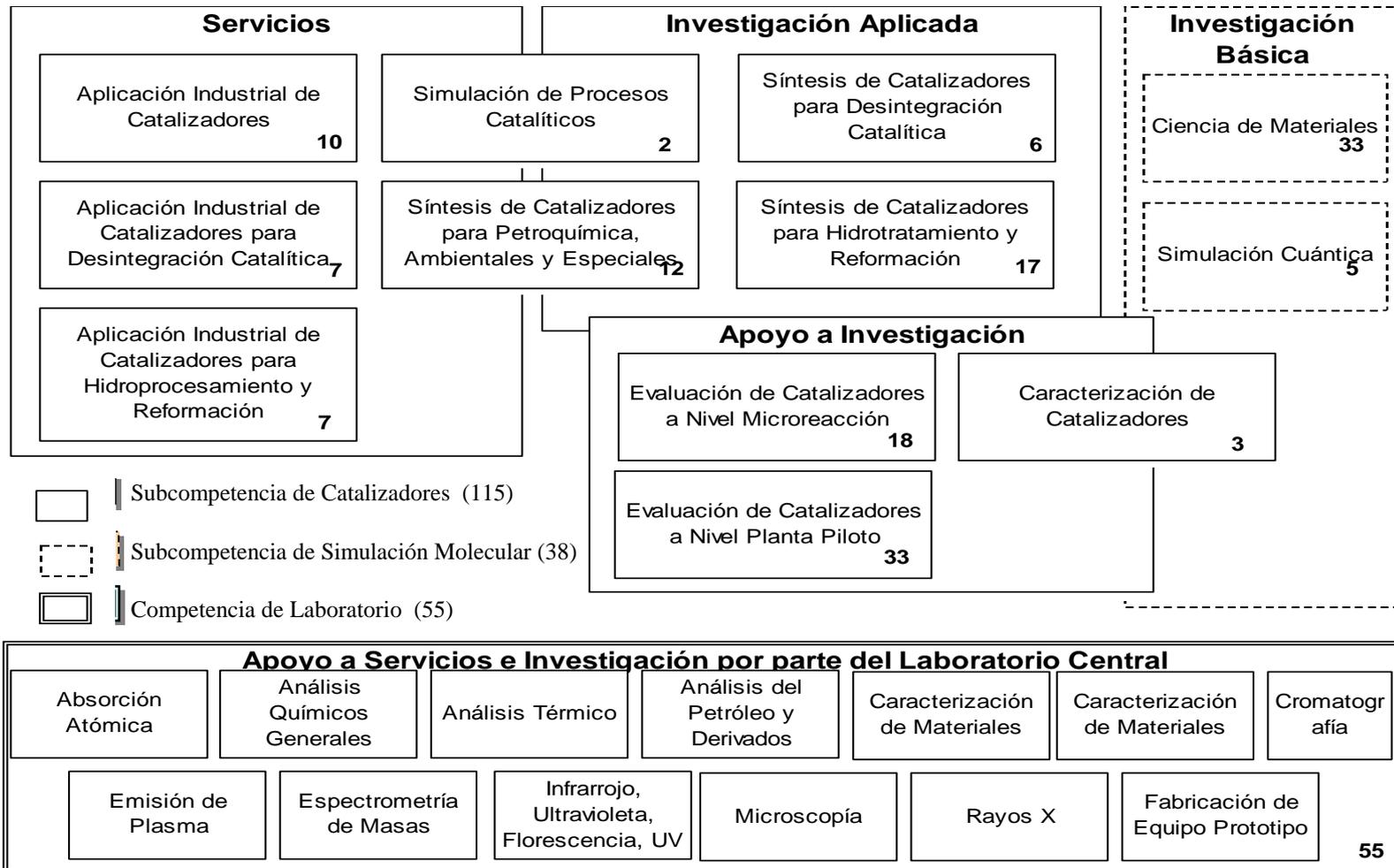
**Diagrama 4.6.**  
**Organización del Área de Catálisis del IMP, 1993-1999.**



*Fuente: Gaceta IMP (1993); Maldonado (2003); Domínguez (2003).*

**Diagrama 4.7.**

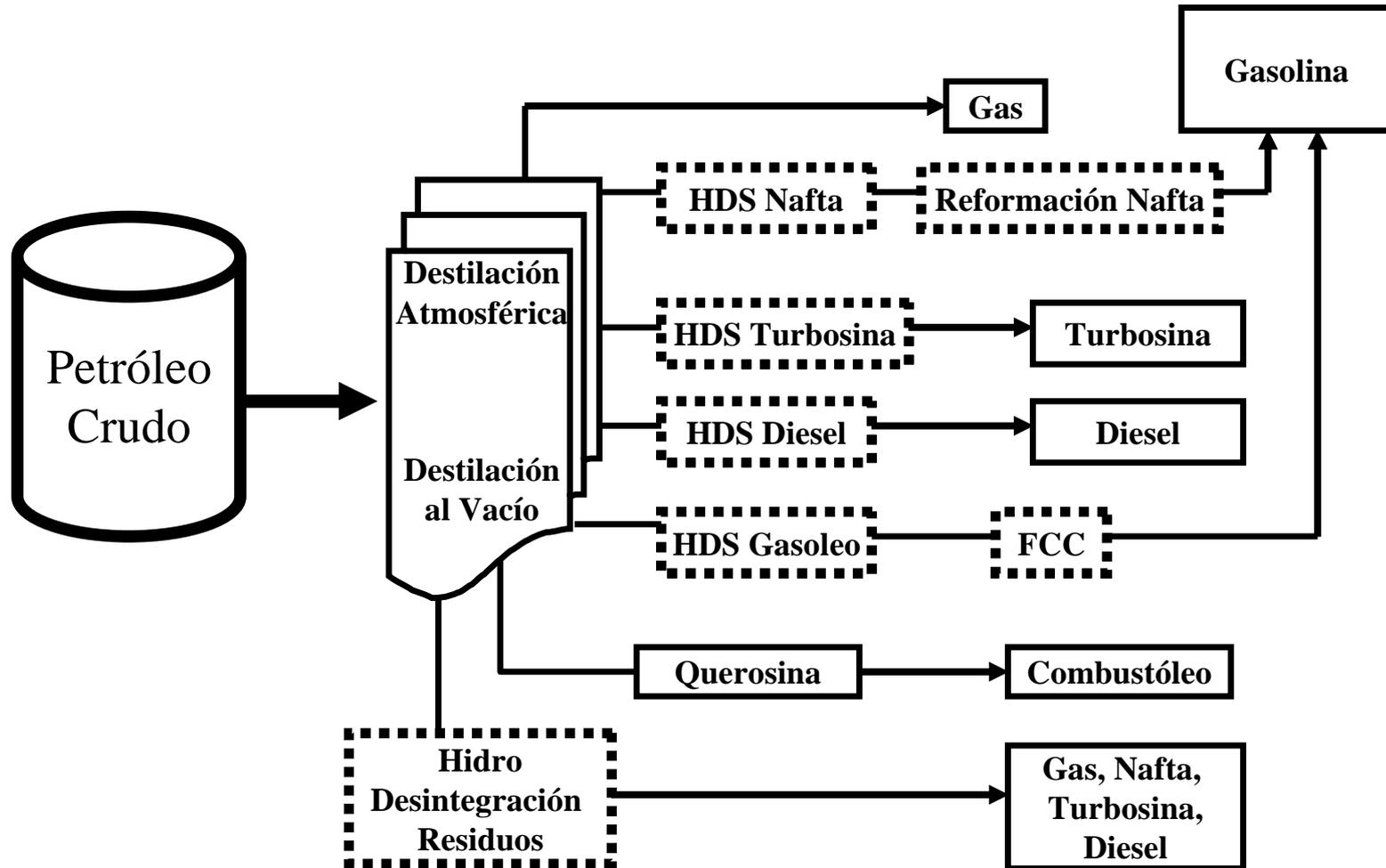
**Organización de la competencia de catalizadores del IMP, 2001.**



Fuente: Beltrán (2003).

Diagrama 4.8.

Procesos típicos de refinación de petróleo y sus productos



Fuente: Elaboración propia a partir de IMP (1998a).

### Cuadro 4.3.

#### ***Principales elementos que constituyen el patrón tecnológico de solución en la industria de refinación de petróleo basado en catalizadores***

1. Petróleo Crudo	2. Proceso Refinación	3. Medio Ambiente	4. Demanda	5. Innovación Tecnológica Catalizador
<i>Decremento de crudos ligeros Aumento de crudos pesados</i>	<i>Procesos industriales continuos en plantas con economías a escala y tecnologías maduras</i>	<i>Refuerzo regulaciones institucionales sobre contaminación ambiental de plantas, catalizadores y emisiones de la combustión</i>	<i>Aumentar Calidad y Diversidad Disminuir Costo y Precio</i>	<i>Aumentar Actividad, Selectividad, Estabilidad, Regenerabilidad; Disminuir Desactivación</i>
<p>1 Ligeros: Reducir o eliminar contenido Azufre y Nitrógeno; Niquel y Vanadio; menor Residuo Destilación. Menor dificultad técnica y costo de transformación.</p>	<p>Diseño proceso refinación es mejorado incrementalmente; Innovaciones catalíticas menores elevan eficiencia planta industrial actual.</p>	<p>Control y abatimiento emisiones por consumo combustibles: casas habitación, plantas industriales y comerciales, transporte</p>	<p>Aumento en la demanada de productos del petróleo más ligeros, limpios, alta calidad, diferenciados, bajo costo.</p>	<p>Mejoras y Novedades: i) Materiales de soporte catalítico; ii) Promotores, aditivos y otros</p>
<p>2 Pesados: Reducir nivel muy alto Azufre y Nitrógeno; Niquel y Vanadio; mayor Residuo Destilación. Mayor dificultad técnica y costo de transformación.</p>	<p>Eficiencia mayor de refinación petróleo en productos mediante catálisis; Nuevas generaciones guidas por innovaciones catalíticas mayores implican reconfigurar la planta industrial actual.</p>	<p>Minimización desperdicio, control emisiones y remediación de los desechos industriales líquidos, sólidos, gaseosos</p>	<p>Aumento en la demanda de catalizadores: hidrotratamiento, hidrodésintegración residuales, desintegración catalítica, ácidos sólidos, biocatalizadores.</p>	<p>Innovación tecnológica mediante: i) Simulación molecular; ii) Química combinatoria; iii) Innovación Organizacional</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de Diaz y Fuentes (1997); Rabó (1994); Barnés (1997).

### **Cuadro 4.4.**

#### ***Estrategias catalíticas de protección ambiental***

<i>Acción concreta</i>	<i>Estrategia</i>		
	<i>Minimización desperdicio</i>	<i>Abatimiento emisiones</i>	<i>Remediación</i>
<i>1. Reformulación gasolina</i>	Reducción Azufre, Nitrógeno; Aumentar Oxigenantes		
<i>1.1. Hidrotratamiento, Hidrodesintegración</i>	Aprovechar más crudos pesados		
<i>1.2. Desintegración catalítica (FCC)</i>	Reducir aromáticos y aumentar octanaje mediante aumento de olefinas (isomerización, oligomerización, alkylación) a partir de parafinas	Aumentar oxigenación gasolinas mediante MTBE (eter) y Etanol (EtOH)	
<i>2. Reposición Catalizadores refinerías (alta corrosión)</i>	Necesario desarrollar nuevo CATA sólido, de alta selectividad, alta conversión, larga vida, con capacidad de regeneración, para gasolina de alta calidad y amigable con el ambiente		
<i>3. Emisiones</i>		Desarrollar más y nuevos Catalizadores para convertir elementos dañinos en otros no dañinos	
<i>3.1 Autos</i>			
<i>3.2 Plantas</i>			
<i>4. Reciclar/recuperar material Catalizadores</i>		Evitar la descarga de viejos Catalizadores al medio ambiente	

Fuente: Elaboración propia a partir de Rabó (1994).

**Cuadro 4.5.**  
**Patrón tecnológico de catalizadores**

<i>Comportamiento del catalizador en el reactor</i>	<i>Restricciones</i>				
	<i>Crudo petrolero</i>	<i>Planta y proceso industrial</i>	<i>Medio ambiente</i>	<i>Economía</i>	
1 <i>Actividad</i>	↑	Menor gasto de energía	Menor presión y temperatura de la reacción	Reducción de emisiones al producir combustibles	Menor costo refinación
	↓	Mayor gasto de energía	Mayor presión y temperatura de la reacción	Aumento de emisiones al producir combustibles	Mayor costo refinación
2 <i>Selectividad</i>	↑	Mayor calidad producto	Mayor producción	Combustibles menos contaminantes	Mayor valor producto
	↓	Menor calidad producto	Menor producción	Combustibles más contaminantes	Menor valor producto
3 <i>Estabilidad</i>	↑	Menor reposición catalizador	Menor desgaste de planta	Menos catalizador desechado al medio ambiente	Mejora costo de refinación
	↓	Mayor reposición catalizador	Mayor desgaste planta	Más catalizador desechado al medio ambiente	No mejora costo de refinación

Fuente: Elaboración propia (2003).

**Cuadro 4.6.**

***Investigación básica y aplicada en Catálisis: Inventores empleados en las Patentes solicitadas por el IMP, 1972-2000***

*(Porcentaje)*

Concepto	Periodo de solicitud		Total
	1972-1986	1987-2000	
1. Asociadas a la investigación básica: Formulaciones, Materiales y Soportes Diversos	14,5	21,7	36,2
<i>Tasa de crecimiento entre periodos</i>		50,0	
2. Asociadas a la investigación aplicada: Hidrotratamiento, Desintegración catalítica, Reformación de nafta, Isomerización, Polimerización, etc.	17,6	46,2	63,8
<i>Tasa de crecimiento entre periodos</i>		162,0	
3. Total de patentes de investigación básica y aplicada	32,1	67,9	100
<i>Tasa de crecimiento Total entre periodos</i>		111,5	

Fuente: Cuadro 4.1 Anexo

**Cuadro 4.7.**

***Investigación básica y aplicada en Catálisis: Patentes solicitadas por el IMP, 1972-2000***  
*(Porcentaje)*

Concepto	Periodo de solicitud		Total
	1972-1986	1987-2000	
1. Asociadas a la investigación básica: Formulaciones, Materiales y Soportes Diversos	20,2	21,5	41,7
<i>Tasa de crecimiento entre periodos</i>		<i>6,1</i>	
2. Asociadas a la investigación aplicada: Hidrotratamiento, Desintegración catalítica, Reformación de nafta, Isomerización, Polimerización, etc.	21,5	36,8	58,3
<i>Tasa de crecimiento entre periodos</i>		<i>71,4</i>	
3. Total de patentes de investigación básica y aplicada	41,7	58,3	100
<i>Tasa de crecimiento Total entre periodos</i>		<i>39,7</i>	

Fuente: Cuadro 4.2 Anexo

**Cuadro 4.12.**

***Mercado mexicano de catalizadores para refinar combustibles de petróleo: Ventas nacionales por segmento de catalizadores, empresas extranjeras y el IMP, 1997-2001.***

*(Porcentaje)*

<b><i>Proceso catalítico de refinación</i></b>		1. Ventas en el mercado nacional	2. Ventas de las Empresas Extranjeras	3. Ventas del IMP	4. Patentes del IMP 1972-2001
1	<i>Hidrodesulfuración</i>	5,0	1,3	11,6	33,8
2	<i>Reformación de nafta</i>	3,4	3,7	2,8	20,0
3	<i>FCC catalizador</i>	37,4	11,8	82,2	12,5
4	Isomerización	1,7	2,6	0	11,3
5	Recuperación de azufre	0,7	1,1	0	11,3
6	Gasolina de polimerización	1,2	0	3,2	7,5
7	<i>Hidrodesintegración</i>	50,3	79,2	0	2,5
8	Endulzamiento	0,3	0,4	0,1	1,3
Total		100	100	100	100

Fuente: Elaboración propia a partir de IMP, 2002; Base de patentes, UAM Xochimilco e IMP, 2001.

**Cuadro 4.13.**  
**Trayectorias tecnológicas de catalizadores IMP:**  
**Regalías por periodo de arranque comercial, 1976-2000**  
*(Porcentaje)*

<i>Trayectoria tecnológica del Catalizador</i>	<i>Socio Tecnológico</i>	<i>1976-1982</i>	<i>1983-1987</i>	<i>1988-1994</i>	<i>1995-2000</i>	<i>Total 1976-2000</i>
1 Hidrodesulfuración	UOP, UCI, Katalco, Criterion	2,5	1,7	6,8	4,7	14,0
2 Gasolina de polimerización	UCI		1,7	3,5	0,4	5,3
3 Reformación Nafta	Acreon, Solvay, Engelhard, Criterion		0,8	2,4	1,5	4,5
4 FCC y Aditivos	Engelhard, Grace, InterCat			22,7	53,7	76,1
5 Endulzamiento	UOP, PYOSA				0,1	0,1
Total		2,5	4,2	35,4	60,4	100

Fuente: Cuadro 4.5 Anexo

**Cuadro 4.14.**  
**Regalías de Catalizadores de Hidrodesulfuración por catalizador**  
**y periodo de éxito comercial, 1976-2000**  
(Porcentaje)

<i>Catalizador</i>	<i>Fabricante</i>	<i>1976-1978</i>	<i>1979-1984</i>	<i>1985-1990</i>	<i>1991-1994</i>	<i>1995-2000</i>	<i>Total (1976-2000)</i>
<i>I. Grupo de Catalizadores Exitosos</i>							
1	IMP - DSD - 1K	UCI	22,5	8,2	0,7		31,4
2	IMP - DSD - 3(+)	Criterion		5,7	2,4	1,0	9,1
3	IMP - DSD - 11	Criterion			<b>14,5</b>	2,9	17,4
4	IMP - DSD - 14	Criterion				<b>25,5</b>	25,5
Subtotal I			22,5	13,9	17,7	29,4	83,5
<i>II. Grupo de Catalizadores Marginalmente Exitosos</i>							
5	IMP - DSD - 1U	UOP	2,4				2,4
6	IMP - DSD - 2	IMP, Exim-Gro		0	0		0,0
7	IMP - DSD - 3	Criterion		1,0		1,2	2,2
8	IMP - DSD - 5	UCI		0,6	0,7		1,2
9	IMP - DSD - 4	Katalco			0,8		0,8
10	IMP - DSD - 5(E)	UCI			3,3		3,3
11	IMP - DSD - 5E(+)	UCI			2,1		2,1
12	IMP - DSD - 10	UCI			1,7	0,7	2,4
13	IMP - DSD - 1(D)	UCI			0,8		0,8
14	IMP - DSD - 17	Criterion				2,3	2,3
Subtotal II		2,4	1,6	7,0	2,5	3,0	16,5
Total (I + II)		2,4	24,1	20,9	20,2	32,5	100

Fuente: Cuadro 4.6 Anexo

**Cuadro 4.15.**  
**Regalías de Catalizadores de Reformación de nafta por catalizador**  
**y periodo de éxito comercial, 1984-1998**  
*(Porcentaje)*

<i>Catalizador</i>		<i>Fabricante</i>	<i>1984-1989</i>	<i>1990-1991</i>	<i>1992-1995</i>	<i>1996-1998</i>	<i>Total</i>
<i>I. Grupo de Catalizadores Exitosos</i>							
1	IMP - RNA - 1	Criterion, Engelhard, Solvay	33,5	19,1	1,5	4,6	58,7
2	IMP - RNA - 1M	Acreon				24,8	24,8
<i>Subtotal I</i>			33,5	19,1	1,5	29,5	83,6
<i>II. Grupo de Catalizadores Marginalmente Exitosos</i>							
1	IMP - RNA - 2	Criterion		2,4			2,4
2	IMP - RNA - 4	Criterion, Solvay			10,5	3,5	14,0
<i>Subtotal II</i>				2,4	10,5	3,5	16,4
<i>Total</i>			33,5	21,5	12,0	33,0	100

Fuente: Cuadro 4.7 Anexo

**Cuadro 4.16.**  
**Regalías de Catalizadores de Desintegración Catalítica (FCC) por catalizador**  
**y periodo de éxito comercial, 1988-2000**  
*(Porcentaje)*

<i>Catalizador</i>	<i>Fabricante</i>	<i>1988-1991</i>	<i>1992-1996</i>	<i>1997-2000</i>	<i>Total</i>
<i>I. Grupo de Catalizadores Exitosos</i>					
1 IMP - FCC - 05	Engelhard	1,9	23,5	1,1	26,5
2 IMP - FCC - 05MD	Engelhard		11,6	2,5	14,2
3 IMP - FCC - 51	Grace		3,6	22,8	26,4
4 IMP - FCC - 12R	Engelhard			18,6	18,6
<i>Subtotal I</i>		1,9	38,7	45,1	85,6
<i>II. Grupo de Catalizadores Marginalmente Exitosos</i>					
5 IMP - FCC - 06	Engelhard		2,4		2,4
6 IMP - FCC - 06R	Engelhard		0,2		0,2
7 IMP - FCC - 05R	Engelhard		2,7		2,7
8 IMP - FCC - 12	Engelhard		3,7	1,4	5,1
9 IMP - FCC - 11	Engelhard		2,2	1,6	3,8
10 Precision	Engelhard			0,3	0,3
<i>Subtotal I</i>			11,1	3,3	14,4
<i>Total I + II</i>		1,9	49,8	48,3	100

Fuente: Cuadro 4.8 Anexo

**Cuadro 4.17.**

***Margen de beneficio del negocio de catalizadores del IMP: Comparativo entre 1997 y 2001***  
*(Porcentaje)*

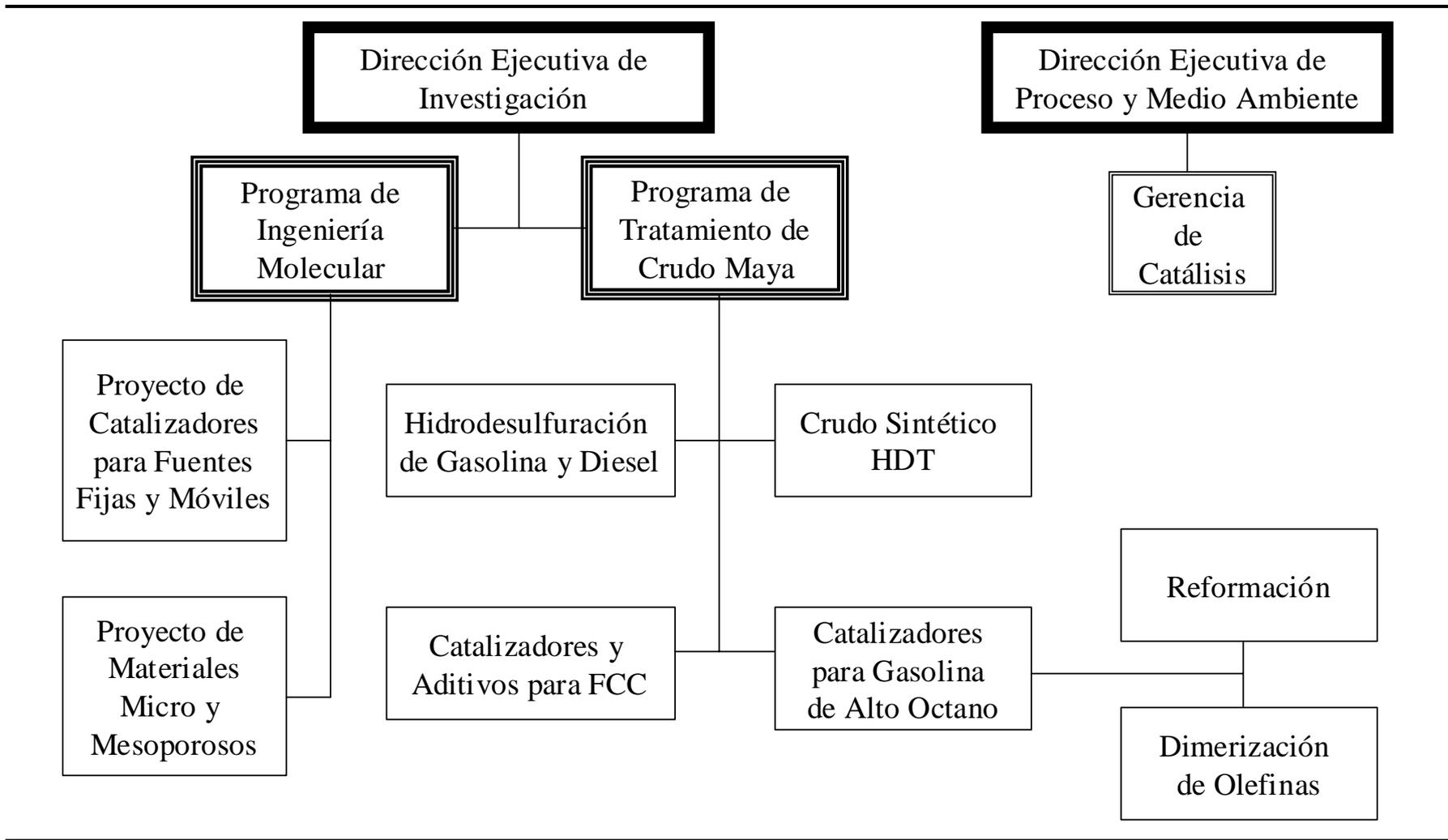
1. Fuente de Financiamiento	2. Concepto	3. Ingresos		4. Egresos		5. Margen de Beneficio	
		1997	2001	1997	2001	1997	2001
1.1 PEMEX	2.1 Investigación aplicada	17,7	0	24,7	0	-9,7	0
	2.2 Desarrollo Tecnológico	46,0	0	49,1	0	33,6	0
1.2 IMP	2.3 Investigación aplicada	0	0	0	26,5*	0	-33,9
	2.4 Desarrollo Tecnológico	0	0	0	61*	0	-78,1
	2.5 Venta de catalizadores	10,0	45,0	8,1	6,6	17,4	4,1
	2.6 Servicio Tecnológico y Técnico	26,4	55,0	18,1	5,9	58,7	7,8
Total		100	100	100	100	100	100

Fuente: Cuadro 4.9 Anexo

\* Monto financiado a través del Fideicomiso para financiar actividades de investigación (Convenio de Desempeño con la SHyCP; Centro Público de Investigación, 2000)

*Diagrama 4.1 Anexo*

*Organización de la Competencia de Catálisis del IMP, 2000-2003*



*Fuente: Gaceta IMP (1993); Maldonado (2003); Domínguez (2003).*

*Cuadro 4.1 Anexo*

*Investigación aplicada y básica en catálisis: Inventores de las patentes solicitadas, 1972-2000*

Concepto	Periodo de solicitud		Total
	1972-1986	1987-2000	
1. Asociadas a la investigación básica: Formulaciones, Materiales y Soportes Diversos	82	123	205
2. Asociadas a la investigación aplicada: Hidrotratamiento, Desintegración catalítica, Reformación de nafta, Isomerización, Polimerización, etc.	100	262	362
3. Total de patentes de investigación aplicada y básica	182	385	567

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Patentes de Catalizadores del IMP, UAM Xochimilco e IMP, 2001.

*Cuadro 4.2 Anexo*

*Investigación aplicada y básica en catálisis: Patentes solicitadas, 1972-2000*

Concepto	Periodo de solicitud		Total
	1972-1986	1987-2000	
1. Asociadas a la investigación básica: Formulaciones, Materiales y Soportes Diversos	33	35	68
2. Asociadas a la investigación aplicada: Hidrotratamiento, Desintegración catalítica, Reformación de nafta, Isomerización, Polimerización, etc.	35	60	95
3. Total de patentes de investigación aplicada y básica	68	95	163

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Patentes de Catalizadores del IMP, UAM Xochimilco e IMP, 2001.

### **Cuadro 4.4 Anexo**

#### ***Trayectorias tecnológicas de la investigación aplicada: Patentes solicitadas, 1972-2000***

Tipo de Catalizador		Patentes			Inventores por patente		
		Periodo de solicitud		Total	Periodo de solicitud		Total
		1972-1986	1987-2000		1972-1986	1987-2000	
1	Hidrotratamiento	13	16	29	2,5	4,8	3,8
2	Reformación Nafta	6	10	16	3,3	4,9	4,3
3	FCC	1	9	10	3,0	3,9	3,8
4	Isomerización	0	9	9	0,0	3,8	3,8
5	Recuperación Azufre	5	4	9	2,8	5,5	4,0
6	Medio Ambiente	1	8	9	3,0	3,3	3,2
7	Polimerización	4	2	6	3,0	5,5	3,8
8	Recuperación Metales, Regeneración Catalizador	3	2	5	3,0	4,0	3,5
9	Aceites Lubricantes	2	0	2	3,5		3,5
<i>Total</i>		35	60	95	2,9	4,3	3,8

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base de Patentes de Catalizadores del IMP, UAM Xochimilco e IMP, 2001.

### *Cuadro 4.5 Anexo*

#### *Trayectoria de catalizadores IMP y regalías por periodo (USD)*

<i>Tipo de Catalizador</i>		<i>Socio Tecnológico</i>	<i>1976-1982</i>	<i>1983-1987</i>	<i>1988-1994</i>	<i>1995-2000</i>	<i>1976-2000</i>
1	Hidrotratamiento	UOP, UCI, Katalco, Criterion	308.456	213.059	850.264	584.745	1.759.438
2	Polimerización	UCI		214.094	441.550	49.012	660.220
3	Reformación Nafta	Acreon, Solvay, Engelhard, Criterion		103.320	302.159	186.538	565.517
4	FCC y Aditivos	Engelhard, Grace, InterCat			2.850.459	6.740.382	9.540.953
5	Endulzamiento	UOP, PYOSA				17.100	17.100
Total			308.456	530.473	4.444.432	7.577.777	12.543.228

Fuente: Elaboración propia a partir de "Base sobre Desempeño Comercial de los Catalizadores del IMP", IMP y UAM Xochimilco, 2001.

Nota: El año inicial de cada periodo representa el inicio comercial de esa trayectoria tecnológica.

### **Cuadro 4.6 Anexo**

#### ***Regalías de Catalizadores de Hidrodesulfuración por catalizador y periodo de éxito comercial (USD)***

<i>Catalizador</i>		<i>Fabricante</i>	<i>1976-1978</i>	<i>1979-1984</i>	<i>1985-1990</i>	<i>1991-1994</i>	<i>1995-2000</i>	<i>Total</i>
<i>Grupo de Catalizadores Existosos</i>								
1	IMP - DSD - 1K	UCI		391.602	142.593	12.500		546.695
2	IMP - DSD - 3(+)	Criterion			99.020	42.187	17.749	158.956
3	IMP - DSD - 11	Criterion				252.663	49.875	302.538
4	IMP - DSD - 14	Criterion					443.823	443.823
Subtotal				391.602	241.613	307.350	511.447	1.452.012
<i>Grupo de Catalizadores Marginalmente Existosos</i>								
1	IMP - DSD - 1U	UOP	41.652					41.652
2	IMP - DSD - 3	Criterion		17.588			20.334	37.922
3	IMP - DSD - 5	UCI		9.657	11.564			21.221
4	IMP - DSD - 4	Katalco			14.500			14.500
5	IMP - DSD - 5(E)	UCI			57.692			57.692
6	IMP - DSD - 5E(+)	UCI			37.372			37.372
7	IMP - DSD - 10	UCI				29.995	12.300	42.295
8	IMP - DSD - 1(D)	UCI				14.108		14.108
9	IMP - DSD - 17	Criterion					40.664	40.664
Subtotal			41.652	27.245	121.128	44.103	52.964	287.092
Total			41.652	418.847	362.741	351.453	564.411	1.739.104

Fuente: Elaboración propia a partir de "Base sobre Desempeño Comercial de los Catalizadores del IMP", IMP y UAM Xochimilco, 2001.

**Cuadro 4.7 Anexo**

**Regalías de Catalizadores de Reformación de nafta por catalizador y periodo de éxito comercial, 1984-1998 (USD)**

Catalizador	Fabricante	1984-1989	1990-1991	1992-1995	1996-1998	Total	
<i>I. Grupo de Catalizadores Exitosos</i>							
1	IMP - RNA - 1	Criterion, Engelhard, Solvay	189.576	107.965	8.250	26.282	332.073
2	IMP - RNA - 1M	Acreon				140.515	140.515
<i>Subtotal I</i>			189.576	107.965	8.250	166.797	472.588
<i>II. Grupo de Catalizadores Marginalmente Exitosos</i>							
1	IMP - RNA - 2	Criterion		13.750			13.750
2	IMP - RNA - 4	Criterion, Solvay			59.438	19.741	79.179
<i>Subtotal II</i>				13.750	59.438	19.741	92.929
<i>Total</i>			189.576	121.715	67.688	186.538	565.517

Fuente: Elaboración propia a partir de "Base sobre Desempeño Comercial de los Catalizadores del IMP", IMP y UAM Xochimilco, 2001.

**Cuadro 4.8 Anexo**

**Regalías de Catalizadores de Desintegración Catalítica (FCC) por catalizador y periodo de éxito comercial, 1988-2000 (USD)**

<i>Catalizador</i>	<i>Fabricante</i>	<i>1988-1991</i>	<i>1992-1996</i>	<i>1997-2000</i>	<i>Total</i>	
<i>I. Grupo de Catalizadores Existosos</i>						
1	IMP - FCC - 05	Engelhard	152.951	1.919.358	93.786	2.166.095
2	IMP - FCC - 05(MD)	Engelhard		950.505	208.540	1.159.045
3	IMP - FCC - 51	Grace		293.057	1.863.319	2.156.376
4	IMP - FCC - 12(R)	Engelhard			1.521.174	1.521.174
<b><i>Subtotal I</i></b>			152.951	3.162.920	3.686.819	7.002.690
<i>II. Grupo de Catalizadores Marginalmente Existosos</i>						
1	IMP - FCC - 06	Engelhard		193.309		193.309
2	IMP - FCC - 06(R)	Engelhard		15.866		15.866
3	IMP - FCC - 05(R)	Engelhard		223.851		223.851
4	IMP - FCC - 12	Engelhard		301.359	115.173	416.532
5	IMP - FCC - 11	Engelhard		177.450	131.905	309.355
6	Precision	Engelhard			21.562	21.562
<b><i>Subtotal I</i></b>				911.835	268.640	1.180.475
<b><i>Total I + II</i></b>			152.951	4.074.755	3.955.459	8.183.165

Fuente: Elaboración propia a partir de "Base sobre Desempeño Comercial de los Catalizadores del IMP", IMP y UAM Xochimilco, 2001.

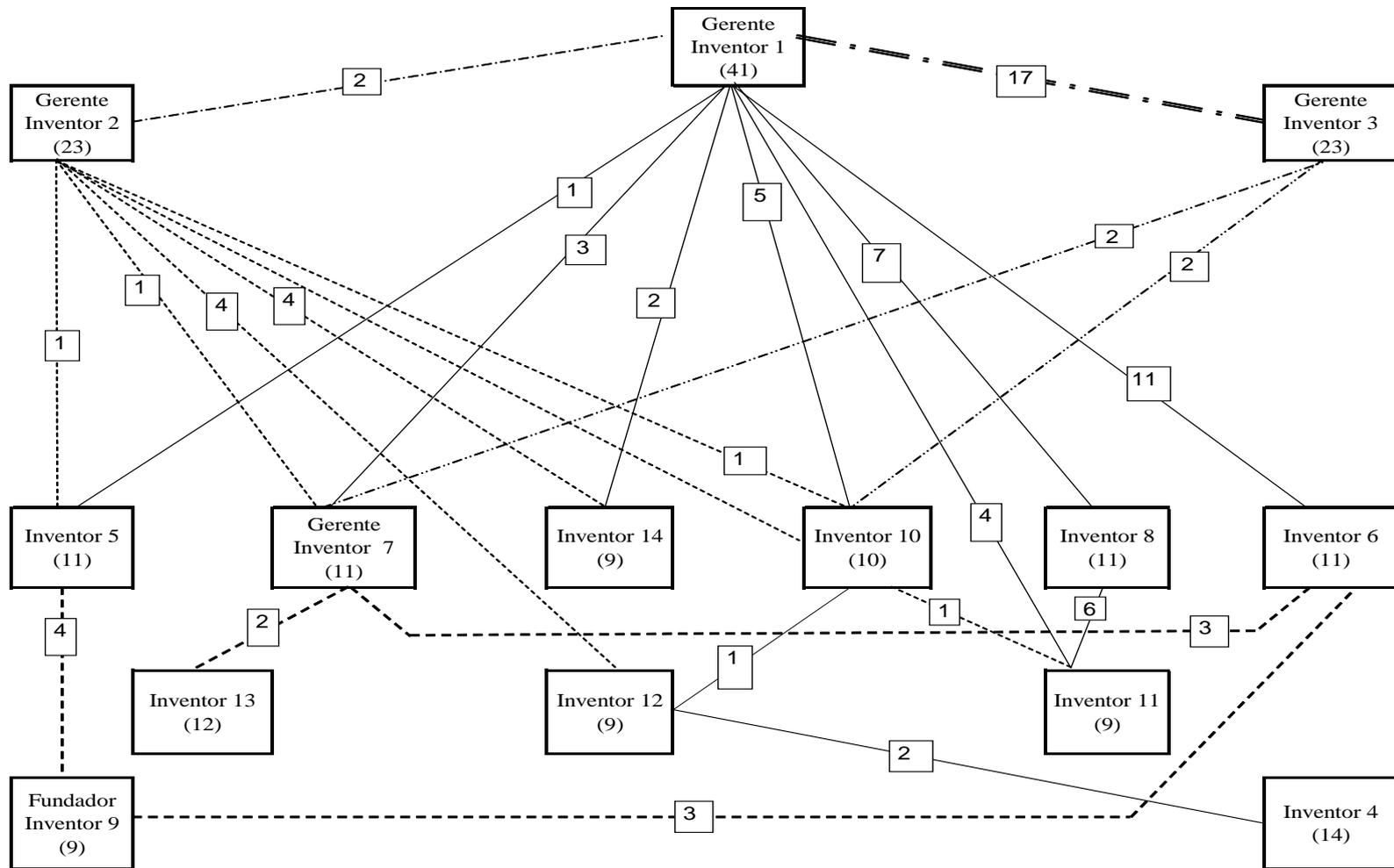
**Cuadro 4.9 Anexo**

***Margen de beneficio del negocio de catalizadores del IMP: Comparativo entre 1997 y 2001***  
*Millones de pesos*

<i>1. Fuente Ingresos</i>	<i>2. Concepto</i>	<i>3. Ingresos</i>		<i>4. Egresos</i>		<i>5. Margen de Beneficio</i>	
		<i>1997</i>	<i>2001</i>	<i>1997</i>	<i>2001</i>	<i>1997</i>	<i>2001</i>
PEMEX	2.1 Investigación aplicada	8,92	0	9,92	0	-1	0
	2.2 Desarrollo Tecnológico	23,2	0	19,75	0	3,45	0
	2.3 Investigación aplicada	0	0	0	34,59	0	34,59
	2.4 Desarrollo Tecnológico	0	0	0	79,66	0	79,66
IMP	2.5 Venta de catalizadores	5,05	12,82	3,26	8,63	1,79	-4,19
	2.6 Servicio Tecnológico	8,36	12,41	3,2	6,09	5,16	-6,32
	2.7 Servicio Técnico	4,94	3,25	4,07	1,56	0,87	-1,69
	Total	50,47	28,48	40,2	130,53	10,27	-102,05

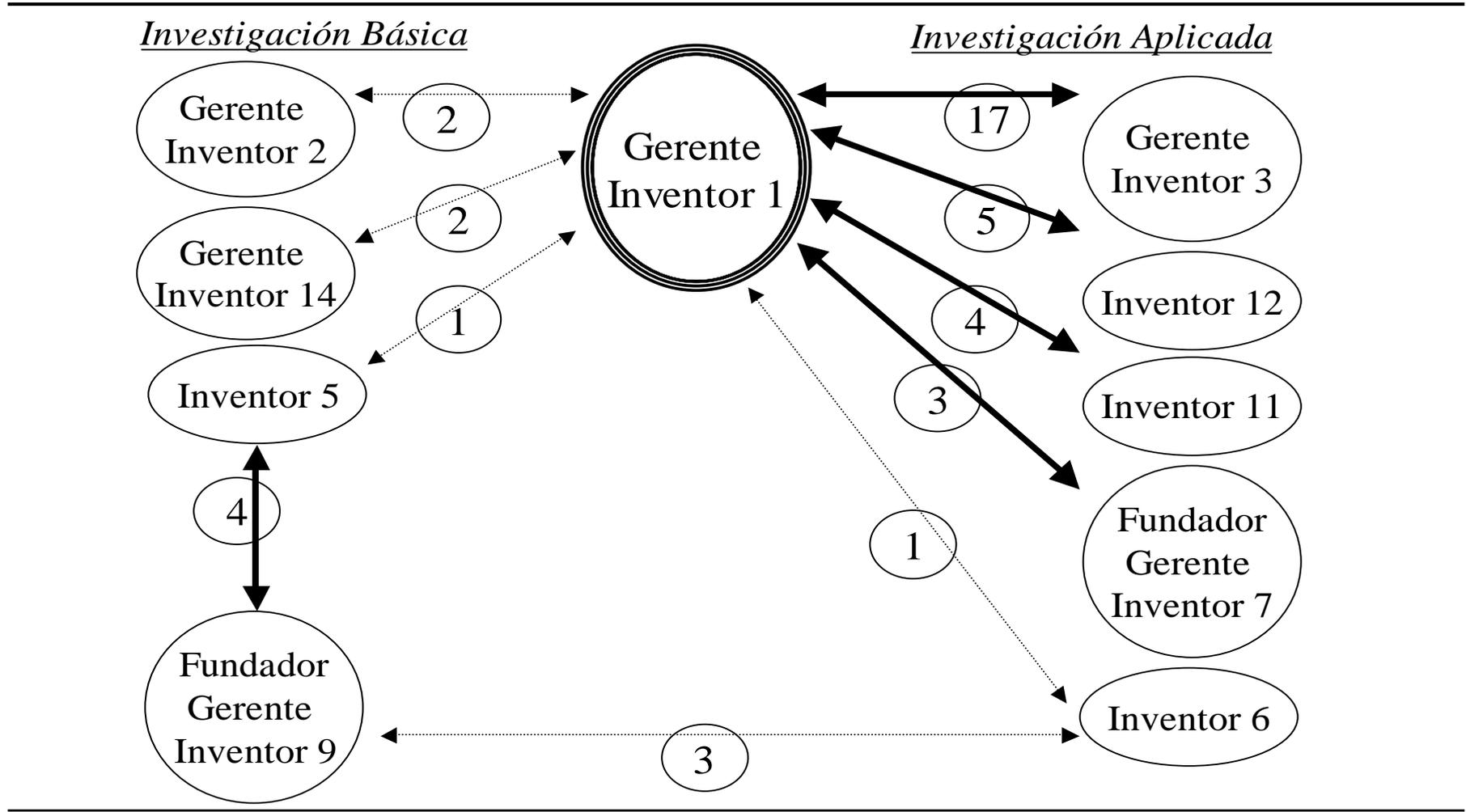
Fuente: Aboites, Beltrán y Dominguez (2004).

**Diagrama 5.1.**  
**Red social de los principales inventores de catalizadores y/o materiales catalíticos del IMP, 1972-2000**



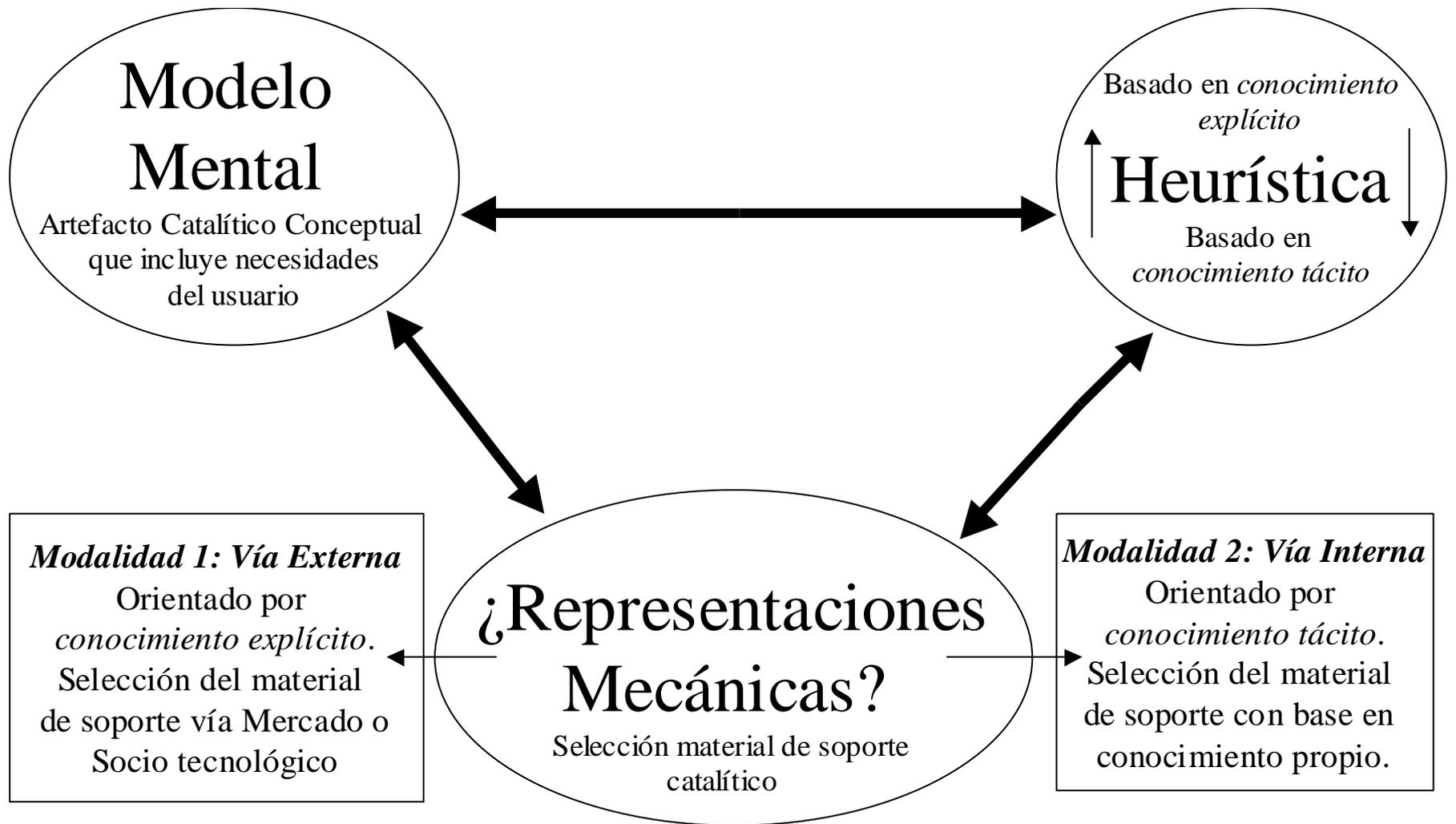
*Fuente: Elaboración propia a partir de información del IMPI y del IMP; UAMX-DPE-AEII, (2003).*

**Diagrama 5.2.**  
**Relaciones entre gerentes e inventores con alta productividad de patentes por segmento de investigación básica o aplicada**



Fuente: Elaboración propia a partir de Cuadro 5.2. y Diagrama 5.1.

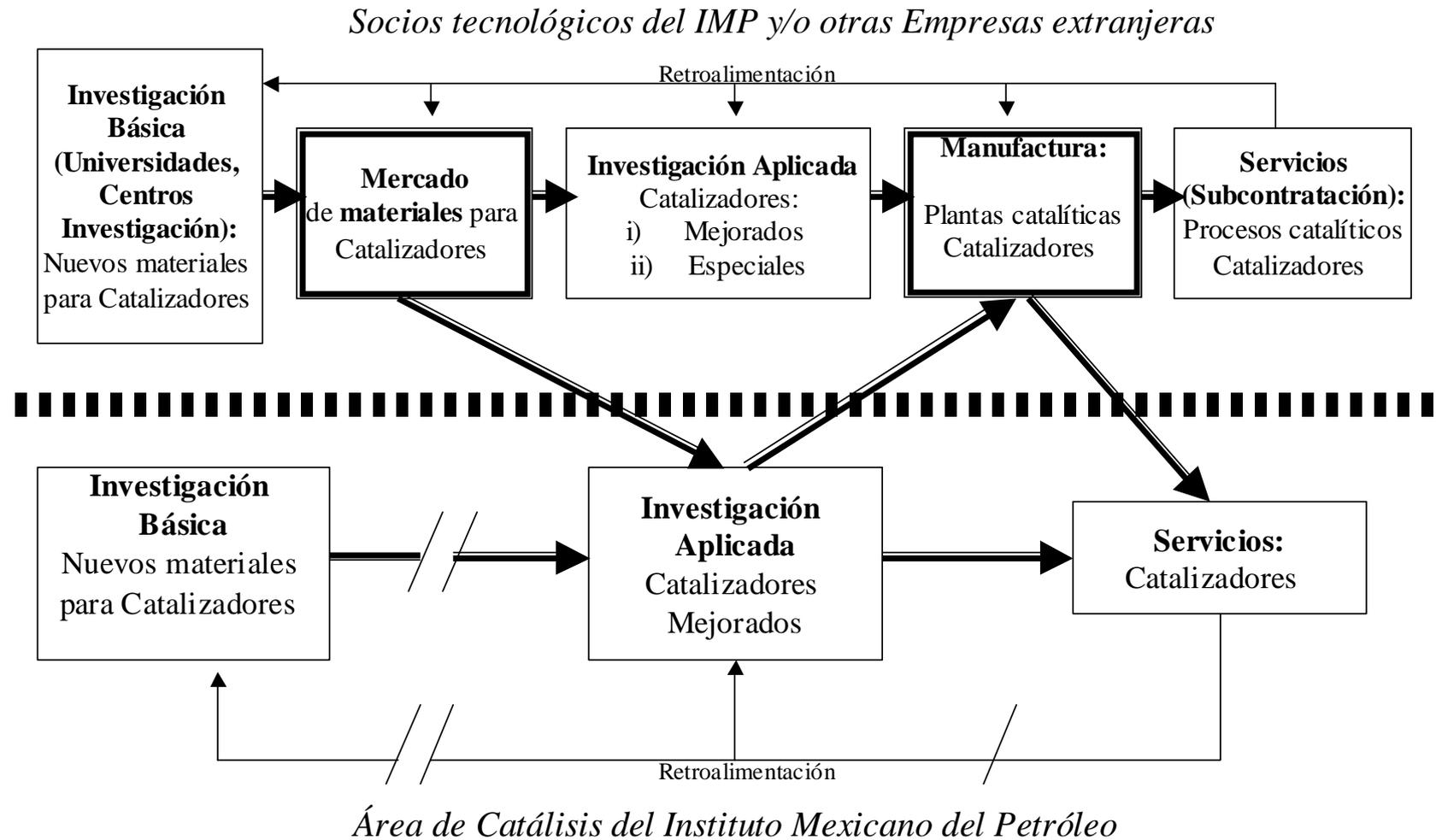
**Diagrama 5.3.**  
**Organización de la Invención de catalizadores en el IMP**



Fuente: Elaboración propia. Véase Carlson y Gorman (1990); Nonaka y Takeuchi (1995); Polanyi (1962).

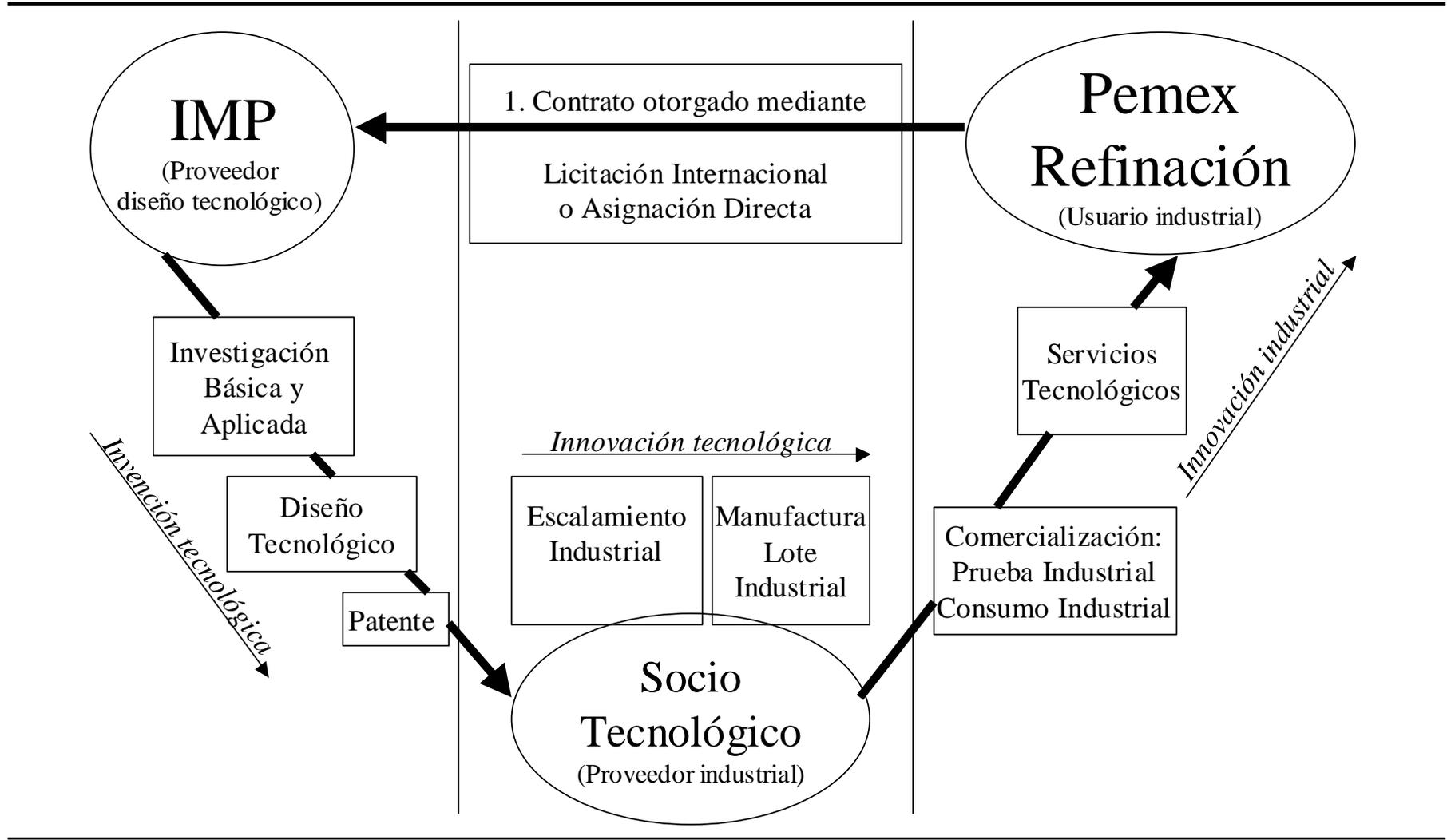
**Diagrama 5.4.**

***Innovación tecnológica de catalizadores: Organización en Empresas extranjeras y en el IMP, 2002***



*Fuente: Elaboración propia a partir de Aboites, Beltrán y Domínguez (2004); Soria (2003).*

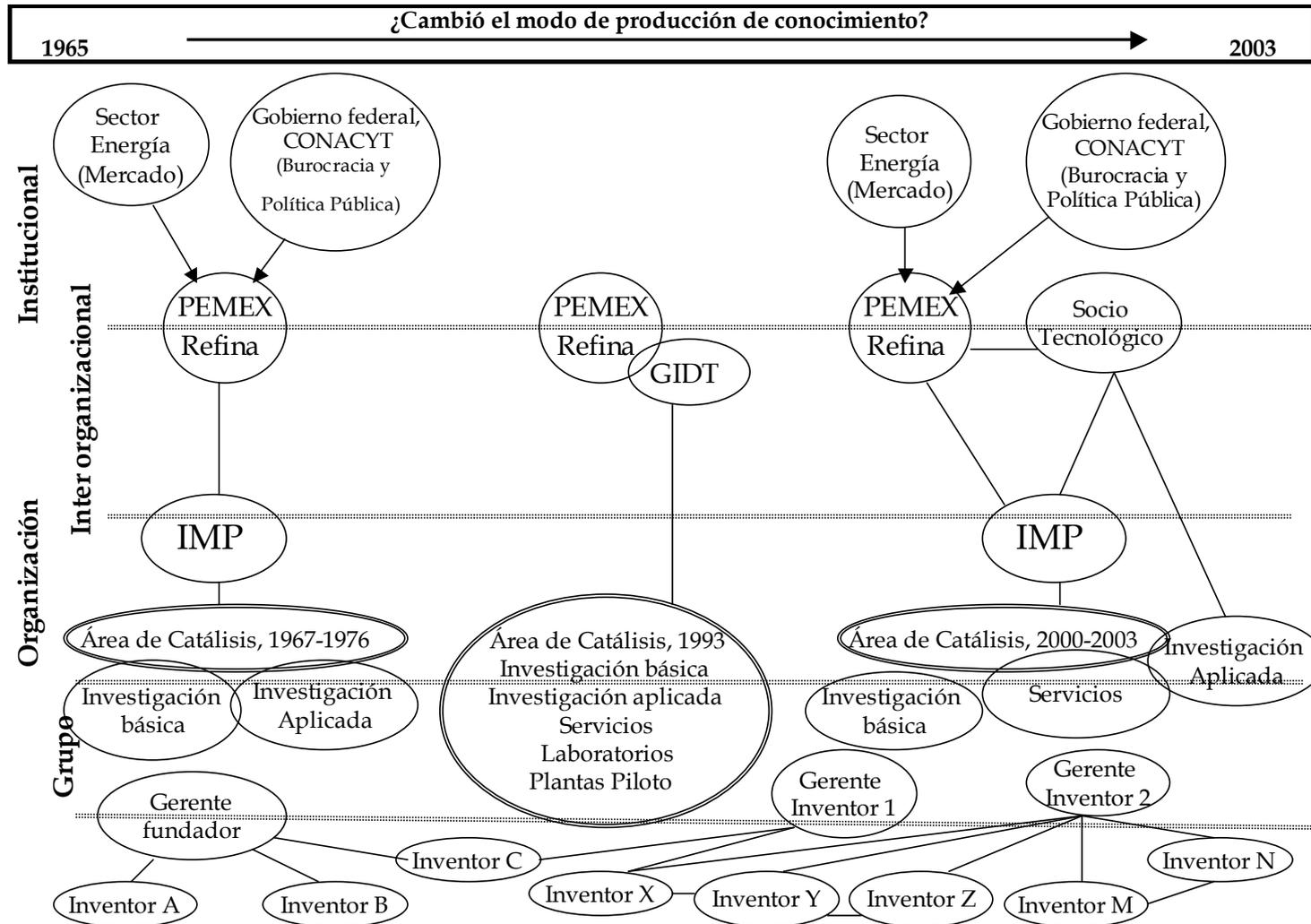
**Diagrama 5.5.**  
**Red de invención e innovación de los catalizadores en México, 2002**



Fuente: Elaboración propia a partir de Soria (2001); Ortega y Bermúdez (1998); IMP (1998a); Aboites, Beltrán y Domínguez (2004).

**Diagrama 5.6.**

***Niveles de análisis del cambio en la forma de organizar el modo de producción de conocimiento***



Fuente: Elaboración propia (2004).

**Cuadro 5.2.**  
**Participación de los inventores en las patentes de catalizadores y materiales catalíticos del IMP (por fecha de solicitud) 1972-2000**

<i>Inventor o actor de la innovación registrado en la solicitud de la patente</i>	<i>1972-1986</i>	<i>1987-2000</i>	<i>Total</i>
Gerente Inventor 1	<b>1,6</b>	<b>5,6</b>	<b>7,1</b>
Inventor Gerente 2	<b>1,6</b>	<b>2,4</b>	<b>4,0</b>
Inventor Gerente 3	<b>0,3</b>	<b>3,7</b>	<b>4,0</b>
Inventor 4	0,3	2,1	2,4
Inventor 8	0,0	1,9	1,9
Inventor 10	0,3	1,4	1,7
Inventor 14	0,3	1,2	1,6
Inventor 11	0,2	1,4	1,6
Inventor 12	0,7	0,9	1,6
Inventor 13	0,5	1,0	1,6
<b>A.- Nueva generación</b>	<b>5,9</b>	<b>21,6</b>	<b>27,5</b>
Inventor 5	1,2	0,7	1,9
Inventor 6	1,4	0,5	1,9
Gerente Inventor 7	1,9	0,0	1,9
Inventor Fundador 9*	1,6	0,0	1,6
<b>B.- Anterior generación</b>	<b>6,1</b>	<b>1,2</b>	<b>7,3</b>
<b>I.- Grupo de Inventores con más participaciones (A + B)</b>	<b>12,0</b>	<b>22,8</b>	<b>34,8</b>
<b>II.- Los demás inventores** (III - I)</b>	<b>20,0</b>	<b>45,2</b>	<b>65,2</b>
<b>III.- Total inventores (I + II)</b>	<b>32,0</b>	<b>68,0</b>	<b>100</b>

\* J. Ferreira Fihlo fue el fundador de la disciplina de la Catálisis en el IMP. Se incorporó al IMP en 1967. A finales de los setenta regresó a su país natal, Brasil, a diseñar catalizadores para la empresa petrolera estatal (Ver Capítulos 2.3, 3.2, 4.1.1).

\*\* Nota sobre el número y porcentaje de los inventores: En total son 166 inventores. De estos, 152 corresponden al rubro "demás inventores"; quienes representan el 92 por ciento del total de inventores.

Fuente: Elaboración propia a partir de la Base UAMX-IMP construida con base en datos proporcionados por el IMP (2001).