



Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Xochimilco

División de Ciencias Sociales y Humanidades

Maestría en Economía y Gestión del Cambio Tecnológico



Borrador de tesis

Coevolución de las capacidades metrológicas del CENAM y del Sistema Metrológico Nacional en relación a la demanda de los usuarios en México durante 1994-2005.

Asesores: Dr. Arturo Lara Rivero
Dr. Salvador Echeverría Villagómez

Tesista: Ing. Alejandro Moreno Chimal

Séptima generación
Trimestre 07-I;
23 de Enero de 2007

Indice

Introducción

Capítulo 1

Propuesta de una taxonomía de los procesos coevolutivos

1.1 Coevolución

1.1.1 Coevolución en las ciencias sociales

1.1.2 Propiedades de los procesos coevolutivos

1.2 Presentación de los procesos coevolutivos

1.2.1 Primera propuesta

1.2.2 Segunda proposición

1.3 Taxonomía propuesta para los procesos coevolutivos a considerados

1.4 Conclusiones

Capítulo 2

Exploración/Explotación

2.1 Especialización

2.2 Antecedentes de explotación/exploración

2.2.1 El debate

2.2.3 Balance entre explotación y exploración

2.3 Ciclo de exploración/explotación

2.3.1 Consolidación

2.3.2 Tenacidad

2.3.3 Generalización

2.3.4 Diferenciación

2.3.5 Reciprocidad

2.4 Implicaciones y vulnerabilidad de la exploración y explotación

2.4.1 Explotación

2.4.1.1 Implicaciones de la explotación para la red de innovadores

2.4.2 Exploración

2.4.2.1 Implicaciones de la exploración para la red de innovadores

2.4.3 Vulnerabilidad de la relación exploración/explotación

2.5 Conclusiones

Capítulo 3

Metodología

3.1 Selección de la estrategia de investigación

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Objetivo de la investigación

3.2.2 Pregunta de investigación

3.2.3 Hipótesis de investigación

3.2.4 Unidad de análisis

3.2.5 Propuesta teórica

3.2.6 Unión lógica de la proposición teórica con los datos

3.3 Protocolo para el estudio de caso

3.4 Recopilación de datos y fuentes de información para el estudio de caso

3.5 Análisis de la evidencia obtenida

Capítulo 4

México en la estructura internacional de la metrología y la evolución de la metrología en México

- 4.1 Estructura internacional de los diferentes organismos de metrología**
 - 4.1.2 Organismos que forman la Convención del Metro**
 - 4.1.3 NORAMET**
- 4.2 La Medición en México**
 - 4.2.1 Antecedentes históricos de la medición en México**
 - 4.2.2 La época moderna**
- 4.3 Conclusiones**

Capítulo 5

Caracterización del Centro Nacional de Metrología

- 5.1 Sistema Metrología-Normalización-Acreditación**
- 5.2 CENAM**
 - 5.2.1 Objetivo**
 - 5.2.2 Funciones**
 - 5.2.3 Misión**
 - 5.2.4 Inicios**
 - 5.2.5 Infraestructura Tecnológica**
 - 5.2.6 Recursos Bibliográficos (Publicaciones)**
 - 5.2.7 Servicios que Ofrece el CENAM**
- 5.3 Estructura del CENAM**
 - 5.3.1 Área de Metrología Eléctrica**
 - 5.3.2 Área de Metrología Física**
 - 5.3.3 Área de Metrología de Materiales**
 - 5.3.4 Área de Metrología Mecánica**
 - 5.3.5 Dirección de Administración y Finanzas**
 - 5.3.6 Dirección de Servicios Tecnológicos**
- 5.4 Ingresos y Situación Financiera del CENAM**
- 5.5 Servicios realizados por el CENAM (2000-2005)**
 - 5.5.1 Otras Actividades Realizadas por el CENAM**
 - 5.5.2 Proyectos Destacables Realizados por el CENAM**
- 5.6 El CENAM y las prácticas exitosas**
- 5.7 Limitaciones del CENAM.**
- 5.8 Geografía de la metrología**
- 5.9 Conclusiones**

Capítulo 6

MESURA

- 6.1 Programa MESURA**
 - 6.1.1 Objetivo**
 - 6.1.2 Consideraciones Para la Implantación del Programa**
 - 6.1.3 Etapas de la Metodología MESURA**
 - 6.1.4 Ciclo de la demanda MESURA**

- 6.2 Red MESURA Interinstitucional**
 - 6.2.1 Elementos que Conforman a la Red MESURA Interinstitucional**
 - 6.2.2 Unidades MESURA**
 - 6.2.2.1 El Contrato de Franquicia**
 - 6.2.2.2 Protección de la Propiedad Intelectual**
 - 6.2.3 Distribución de Ingresos MESURA**
 - 6.2.4 Beneficios de la Red MESURA Interinstitucional**
- 6.3 Casos de Éxito del Programa MESURA**
 - 6.3.1 PEMEX Exploración y Producción, Región Marina Suroeste**
- 6.4 Exploración: Inteligencia Tecnológica**
- 6.5 Conclusiones**

Capítulo 7

CENAM VS SECTOR AUTOMOTRIZ

- 7.1 Inicios en el sector automotriz**
 - 7.1.1 Incremento en el número de clientes del CENAM**
- 7.2 Formas de Interactuar entre el CENAM y los usuarios del sector automotriz**
 - 7.2.1 Insatisfacción de usuarios del sector automotriz**
 - 7.2.2 Situaciones que disminuyen el nivel y frecuencia de interacción con el CENAM**
 - 7.2.3 Competencia**
 - 7.2.4 Formas de pago**
- 7.3 Beneficio del CENAM y usuarios del sector automotriz: resultado de la relación**
 - 7.3.1 Generación y acumulación de conocimiento en el sector automotriz**
 - 7.3.2 La metrología como una tecnología transversal**
- 7.4 Conclusiones**

Capítulo 8

Caso VWM

- 8.1 VWM**
 - 8.1.1 Organigrama de la empresa**
 - 8.1.2 Inicios de la relación con VWM**
 - 8.1.3 Competencia en relación a VWM**
- 8.2 Interacción CENAM-VWM, en términos de proyectos**
 - 8.2.1 Primeros proyectos**
 - 8.2.1.1 Proyecto Norma ISO/IEC 17025**
 - 8.2.1.2 Proyecto de emisiones a la atmósfera**
 - 8.2.1.3 Proyecto con Maquinas de coordenadas**
 - 8.2.1.4 Proyecto de Par Torsional**
 - 8.2.2 Proyectos recientes**
 - 8.2.2.1 Proyecto de un equipo de pruebas de ultrasonido por Inmersión**
 - 8.2.2.2 Evaluación de la capacidad técnica de VW**
 - 8.2.2.3 Proyecto de Humanización de la Metrología**

8.2.3 Proyectos a futuro

8.2.3.1 Certificación de Metrólogos en Dimensional

8.2.3.2 Proyecto de la barra desmontable de 5m de longitud

8.2.3.3 Equipo de Metrología (*Metrology team*)

8.3 Conclusiones

Capítulo 9

Evaluación de las capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz

9.1 Elementos utilizados en la evaluación

9.1.1 Tipos de Procesos coevolutivos

9.1.2 Tipos de Interacciones

9.1.3 Niveles de relación

9.2 Conexión de elementos que intervienen en la evaluación de las capacidades metrológicas

9.3 Capacidades Metrológicas del CENAM

9.4 Capacidades del CENAM en el sector automotriz

9.5 Conclusiones

10. Conclusiones del trabajo

11. Bibliografía

Anexo I

Anexo II

Anexo III

Índice de Tablas

Tabla 1.1) Antecedentes de coevolución

Tabla 1.2) Procesos de coevolución y tipos de interacción entre especies, primera propuesta

Tabla 1.3) Procesos de coevolución y tipos de interacción entre especies, segunda propuesta

Tabla 1.4) Taxonomía de los Procesos Coevolutivos Seleccionados

Tabla 2.1) Elementos de debate en exploración/explotación

Tabla 2.2) Características principales de exploración y explotación

Tabla 3.1) Resumen de entrevistas

Tabla 3.2) Elementos característicos de las capacidades metrológicas del CENAM

Tabla 3.3) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM

Tabla 5.1) Número de servicios de calibración que ofrecen las divisiones de las cuatro áreas tecnológicas del CENAM

Tabla 5.2) Publicaciones técnicas y otros títulos publicados por el CENAM

Tabla 5.3) Publicaciones Gratuitas¹

Tabla 5.4) Servicios que Ofrece el CENAM

Tabla 5.5) Funciones específicas y generales del área de Metrología Eléctrica, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por tales funciones

- Tabla 5.6) Funciones específicas y generales del área de Metrología Física, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por tales funciones**
- Tabla 5.7) Funciones específicas y generales del área de Metrología de Materiales, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por las actividades de sus áreas**
- Tabla 5.8) Funciones específicas y generales del área de Metrología Mecánica, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por las actividades de sus áreas**
- Tabla 5.9) Funciones específicas y generales de la Dirección de Administración y Finanzas**
- Tabla 5.10) Funciones específicas y generales de la Dirección de Servicios Tecnológicos**
- Tabla 5.11) Situación financiera del CENAM (pesos)**
- Tabla 5.12) Ingresos y Egresos del CENAM 2001-2005 (pesos)**
- Tabla 5.13) Servicios especializados realizados por el CENAM**
- Tabla 5.14) Número de actividades realizadas por el CENAM durante el periodo 2000-2005**
- Tabla 5.15) Proyectos realizados que destacan por su importancia:**
- Tabla 6.1) Principales elementos considerados por el Programa MESURA**
- Tabla 6.2) Principios que considera el Programa MESURA**
- Tabla 6.3) Etapas para la aplicación de la metodología MESURA**
- Tabla 6.4) Actividades realizadas en cada etapa del Programa MESURA**
- Tabla 6.5) Centros y Asesores por centro afiliados a la Red MESURA Interinstitucional (UMs)**
- Tabla 6.6) Formas legales de protección a los proyectos e la Red MESURA I.**
- Tabla 9.1) Procesos coevolutivos**
- Tabla 9.2) Descripción de los Grados de Relación**
- Tabla 9.3) Elementos característicos de las capacidades metrológicas del CENAM**
- Tabla 9.4) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM**
- Tabla 9.5) Elementos característicos de las capacidades metrológicas en el sector automotriz**
- Tabla 9.6) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz**

Índice de Figuras

- Figura 1.1) Representación de los distintos niveles de interacción**
- Figura 2.1) Ciclo de explotación y exploración**
- Figura 4.1) Estructura Internacional en Metrología**
- Figura 4.2) Comités Consultivos y Comités Conjuntos**
- Figura 5.1) Sistema Metrología-Normalización-Acreditación (MNA)**
- Figura 5.2) Estructura Orgánica del CENAM**
- Figura 6.1) Esquema de las cuatro etapas de la metodología MESURA**
- Figura 6.2) Ciclo de la demanda en MESURA**
- Figura 6.3) Red MESURA Interinstitucional**
- Figura 6.4) Distribución de los ingresos de MESURA**

Figura 7.1) VINCULOS CENAM-USUARIO
Figura 7.2) Tecnologías transversales y radiales
Figura 8.1) Organigrama de Volkswagen México

Índice de Figuras

Gráfica 5.1) Ingresos y Egresos del CENAM, 2001-2005
Gráfica 5.2) Número de Servicios especializados
Gráfica 5.3) Calibraciones

Introducción

El objetivo de este trabajo es presentar un análisis sobre la coevolución de las capacidades metrológicas del Centro Nacional de Metrología (CENAM) y el Sistema Metrológico Nacional en relación a las necesidades de los usuarios del sector automotriz durante el periodo 1994-2005. De esta manera, se parte de la hipótesis de que la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM y Sector Automotriz responde a un proceso coevolutivo

Para alcanzar esta meta, el trabajo se desarrolla en torno a dos elementos principales, primero, se aborda desde una perspectiva coevolutiva, es decir, se analiza la mutua evolución como resultado de la interacción entre los usuarios del sector automotriz y el CENAM. Y el segundo elemento se utiliza para valorar el grado de intensidad de la relación, en otras palabras, se usa la discusión sobre el ciclo exploración/explotación planteado por Nootboom (2000). En esta dirección, se debe mencionar que para realizar el análisis alusivo al sector automotriz, el ejemplo representativo es la relación entre la empresa Volkswagen de México y el CENAM.

La pregunta principal que se pretende responder en este trabajo es ¿Como ha sido el proceso de coevolución de las capacidades metrológicas del CENAM y Sistema Metrológico Nacional en relación a las necesidades de los usuarios del sector automotriz? Así como las preguntas secundarias ¿En que medida la visión coevolutiva contribuye a la evaluación de las capacidades metrológicas de la relación CENAM-usuario? ¿Cuál es la relevancia que tiene el debate exploración/explotación en el presente trabajo? ¿De que manera han contribuido a la creación de capacidades metrológicas el Programa y la Red MESURA Interinstitucional? ¿Cómo son las formas de interactuar entre CENAM-usuarios del sector automotriz? ¿En que medida la propuesta taxonómica permite ver el estado de las capacidades metrológicas del CENAM en relación al sector automotriz?

El trabajo que se presenta se justifica por dos razones principales, primero, permite proponer una taxonomía que hace posible la combinación de dos elementos importantes en

la discusión de la ciencia de las organizaciones, es decir, se empata de manera congruente y lógica la teoría coevolutiva con el debate exploración/explotación para obtener una medida de las capacidades metrológicas del CENAM. La segunda razón que justifica el presente trabajo consiste en la escasa o nula bibliografía que existe en torno al análisis del estado de las capacidades del CENAM como resultado de la interacción con los usuarios del sector automotriz desde una visión evolutiva. Es decir, hay pocos estudios que intenten analizar la evolución de las capacidades del centro.

Ante la importancia que tiene el sector automotriz en la industria mexicana y su estrecha relación con la metrología, surge la pertinencia del trabajo en el sentido de conocer y saber cual es la capacidad metrológica nacional para responder a las necesidades del sector, debido a que la producción automotriz es un producto global, en este sentido, la calidad y compatibilidad entre partes tienen una gran dependencia del origen de la trazabilidad en las mediciones.

El trabajo se encuentra dividido en nueve capítulos y las conclusiones del trabajo. El primer capítulo, plantea la discusión sobre el origen del término coevolución en la biología desde una perspectiva ecológica, además, presenta el debate sobre la teoría coevolutiva en las ciencias sociales. También, propone una taxonomía que permite categorizar a las distintas interacciones encontradas en el estudio de caso, basándose en elementos complementarios de dos visiones diferentes en la forma de clasificar a los procesos coevolutivos. El segundo capítulo, principalmente presenta al ciclo exploración/explotación como una solución al debate, también destaca algunos elementos teóricos que contribuyen a entender la relevancia que tiene el balance y solución de la controversia, de esta forma, incorpora una forma diferente de aplicación del concepto exploración/explotación, finalmente presenta la vulnerabilidad y algunas implicaciones de la controversia en las interacciones.

En el capítulo 3, se justifica la estrategia de investigación del estudio de caso y se presenta la relación lógica entre la propuesta teórica con los datos, es decir, se explica el procedimiento mediante el cual se llega a medir el grado de tensión en la interacción a partir del contexto de la relación. El capítulo 4 tiene dos propósitos principales: primero,

presenta elementos que contribuyen a entender la estructura internacional metrológica que surge a partir de la Convención del Metro y hacer clara la relación que guarda México con dicha convención. El segundo propósito es, presentar algunos elementos que permiten reconstruir la evolución de la metrología en México, considerando el periodo que inicia desde la fundación de la Tenochtitlan hasta el surgimiento del Centro Nacional de Metrología (CENAM).

El capítulo 5, presenta una descripción general del CENAM para encontrar información que permita asociar la evidencia con la teoría y generar reflexiones congruentes que expliquen el nivel de capacidades metrológicas del CENAM. De esta forma se describe el objetivo, funciones, infraestructura, estructura orgánica y situación financiera del CENAM. Por otro lado, también presenta la adaptación y actividad del centro en términos de servicios, proyectos y de la asimetría metrológica existente en el país. El capítulo 6, tiene dos propósitos fundamentales, el primero, consiste en definir y describir de forma general al Programa MESURA, el segundo, pretende explicar lo que es y como está estructurada la Red MESURA Interinstitucional, con la intención de explicar la forma en que contribuyen a la generación de capacidades metrológicas en la interacción.

El capítulo 7, intenta reconstruir la relación entre CENAM y los usuarios pertenecientes al sector automotriz, con el ánimo de presentar elementos que permitan confirmar que la mutua evolución de las capacidades metrológicas responden a un proceso coevolutivo. El capítulo 8, presenta uno de los casos más sobresalientes en la generación de capacidades metrológicas del CENAM y los usuarios del sector automotriz, específicamente, el caso CENAM-Volkswagen de México (VWM) en su planta de Puebla. De esta manera, se describe de forma general a VWM y se intenta reconstruir la relación CENAM-VWM tomando como elementos de relación a los distintos proyectos y desarrollos metrológicos conjuntos.

El capítulo 9, muestra y evalúa la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM en función de la información recopilada, así como la valoración de las capacidades del CENAM en el sector automotriz como resultado de la interacción entre el centro y los

usuarios del sector, en este sentido, describe la materia prima para efectuar la evaluación y muestra las conexiones entre los distintos elementos de forma tal, que resulta una medida de las capacidades metrológicas. Finalmente se presentan las conclusiones del trabajo.

Capítulo 1

Propuesta de una taxonomía de los procesos coevolutivos

1.1 Coevolución

1.1.1 Coevolución en las ciencias sociales

1.1.2 Propiedades de los procesos coevolutivos

1.2 Presentación de los procesos coevolutivos

1.2.1 Primera propuesta

1.2.2 Segunda proposición

1.3 Taxonomía propuesta para los procesos coevolutivos a considerados

1.4 Conclusiones

Tabla 1.1) Antecedentes de coevolución

Tabla 1.2) Procesos de coevolución y tipos de interacción entre especies, primera propuesta

Tabla 1.3) Procesos de coevolución y tipos de interacción entre especies, segunda propuesta

Tabla 1.4) Taxonomía de los Procesos Coevolutivos Seleccionados

Figura 1.1) Representación de los distintos niveles de interacción

Capítulo 1

Propuesta de una taxonomía de los procesos coevolutivos

En este capítulo, el objetivo principal es proponer una taxonomía de procesos de coevolución basándose en elementos complementarios de dos visiones diferentes, por lo que la pregunta central a responder en este capítulo es: ¿Cuáles son los procesos coevolutivos a considerar? y ¿Por qué? Frente a estas intenciones y para un mayor esclarecimiento de la información, el capítulo está dividido en cuatro secciones.

En la primera, se hace un recuento de los orígenes del término coevolución en la biología así como su definición, además, se presenta una discusión sobre la coevolución en las ciencias sociales, principalmente en los estudios organizacionales. De igual forma se muestran algunas propiedades de los procesos coevolutivos que son la base de poder explicativo.

En la segunda, se presentan dos formas diferentes de ver a los procesos coevolutivos, así como su descripción y características de cada uno de ellos. En la tercera sección, se construye una taxonomía que permite categorizar a las distintas interacciones encontradas en el estudio de caso. En la cuarta sección se concluye.

1.1 Coevolución

Este apartado tiene la intención de responder principalmente a las siguientes preguntas desde una perspectiva biológica ¿Cuáles han sido los antecedentes del término coevolución? Y ¿Qué es coevolución?

En este orden de ideas, el término coevolución tiene sus antecedentes en *El origen de las especies*, a pesar de que Darwin no usó la palabra coevolución como tal, existe el antecedente de que sí utilizó la expresión coadaptación en varias ocasiones para describir la adaptación de una parte de un organismo a otro.

Por consiguiente, Darwin redactó el primer informe de un proceso de coevolución al describir la coadaptación de las abejas y flores en *El origen de las especies*. En sus inicios, basándonos en el trabajo de Thompson (2003), la reflexión del proceso coevolutivo se encaminó de múltiples maneras, y se encontró con cinco diferentes enfoques para estudiar la coevolución:

1. El primer enfoque predominante desde finales de los cuarenta y hasta los sesenta es el de Ehrlich y Raven (1964) sobre los patrones de especialización en mariposas y su coevolución con plantas hospederas.
2. Flor (1942, 1955) demuestra que la variación de los resultados en las interacciones entre el lino y la roya del lino pueden interpretarse como una relación de gen a gen, en donde por cada gen resistente a la roya del lino evoluciona un gen virulento específico en la roya. El primer modelo matemático de coevolución, aparece en el artículo de Mode (1958) y es explícitamente un modelo de las interacciones de gen a gen.
3. En contraposición, Pimentel (1961, 1988; Pimentel *et al.*, 1965; Pimentel, Levin y Oslo, 1978; Pimentel y Bellotti, 1976) adopta un enfoque distinto hacia la coevolución, vinculando la genética de las poblaciones con la dinámica de las interacciones. La hipótesis de Pimentel acerca de la realimentación genética implica un proceso con múltiples pasos.
4. El cuarto enfoque de estudios coevolutivos busca analizar la dinámica del cambio en las interacciones entre competidores, y se desarrolla a partir de distintas visiones que incluyen el estudio del desplazamiento de caracteres de Brown y Wilson (1956), los artículos sobre las limitantes de las semejanzas entre especies coexistentes y patrones en los cambios de nicho (Hutchinson, 1959; MacArthur y Levins, 1967; Roughgarden, 1972, 1974, 1976, Schoener, 1974).

Por otro lado se desarrollaron modelos coevolutivos de defensa y contradefensa, siguiendo la idea de una carrera armamentística evolutiva (Van Valen, 1973). Estos primeros modelos (Schaffer y Rosenzweig, 1978; Hofbauer, Schuster y Sigmund, 1979) junto con enfoques posteriores (Abrams, 1986; Rosenzweig, Brown y Vincent, 1987; Brown y Vincent, 1992) sugieren que unos pequeños cambios en las condiciones iniciales de una interacción pueden generar resultados evolutivos muy diferentes y que, bajo ciertas condiciones, las estrategias de depredadores y presas pueden cambiar cíclicamente a lo largo del tiempo evolutivo.

5. El quinto enfoque se centra en las interacciones mutualistas y surge de los estudios de Janzen (1966, 1967a,b) sobre la ecología y la evolución de las interacciones entre las hormigas y las acacias.

Durante los sesenta y setenta, a medida que los biólogos comienzan a interesarse en la coevolución, la palabra misma se convierte en sinónima de cualquier cosa que tenga que ver con interacción entre especies, sin importar si implica o no cambio recíproco. Janzen (1980) escribe un artículo que aboga por un uso más concienzudo de un concepto tan importante. Con este documento y los argumentos presentes en diversos libros a principios de los ochenta (Thompson, 1982; Futuyma y Slatkin, 1983; Nitecki, 1983) se intenta reenfocar el concepto de coevolución hacia patrones de cambio evolutivo recíproco.

De esta manera, la biología evolutiva reconoce que los organismos, plantas y animales se afectan mutuamente en diversas formas durante el curso de su evolución, por lo cual, “la idea del cambio evolutivo recíproco de especies interactuantes” ha sido definido por Thompson (1989) como coevolución.

1.1.1 Coevolución en las ciencias sociales

En diferentes áreas de las Ciencias Sociales la visión coevolutiva es importada de las ciencias biológicas como marco de referencia de múltiples estudios, en este sentido, este apartado intenta responder principalmente a las preguntas ¿Cuál es la discusión de la

coevolución en las Ciencias Sociales? Y ¿Cuáles han sido los antecedentes de la coevolución en los estudios organizacionales?

En la teoría de las organizaciones, como parte de las Ciencias Sociales, existen múltiples enfoques¹ que se adoptan para comprender y entender los diferentes fenómenos organizacionales, posturas teóricas que son utilizadas como marcos de referencia con el propósito de obtener un mayor entendimiento y comprensión de la complejidad del objeto de estudio.

Con la incorporación de los nuevos enfoques y posturas epistemológicas utilizadas para explicar cómo las organizaciones evolucionan y se adaptan a su ambiente, surgen teorías como la de Costos de Transacción de Williamson (1975, 1985), la Teoría Basada en los Recursos de Penrose (1959) y la teoría Evolucionista de Nelson y Winter (1982), entre otras, las cuales presentan nichos que proponen nuevas agendas de investigación.

En este sentido, frente a las pretensiones de adoptar una postura teórica que permita explicar cómo es que las partes de una organización evolucionan como resultado de la interacción con otras estructuras, se ha tomado el enfoque coevolutivo proveniente de las ciencias biológicas como marco de referencia, debido al potencial que tiene para explicar algunos fenómenos y efectos contingentes que incorporan aspectos cualitativos en los diferentes niveles de análisis de la mutua evolución de las especies.

Esta situación sugiere la adopción del modelo coevolutivo a partir de la reflexión de Lewin y Volberda (1999) sobre la teoría coevolutiva en donde ésta es vista como una forma alternativa de investigación, debido a que permite describir cómo una interacción cambia en el tiempo. Y por otro lado, también consiente estudiar la manera en la cual, el factor ambiente provoca el surgimiento de nuevas formas y como éstas modifican el ambiente dentro de la empresa.

¹ Para tener una visión más amplia de lo que esta proposición implica se recomienda revisar Clegg, S., M., Kornberger and T., Pitsis (2004), Chapter 1; Reed, M. (1996), "Organizational Theorizing: a Historically Contested Terrain" (31-56); Ibarra, C. (2001), "Los saberes sobre la organización, etapas, enfoques y dilemas".

En otras palabras, la coevolución se presenta como un proceso dinámico que involucra diferentes elementos y organismos en donde las interacciones generan situaciones y modificaciones mutuas en los agentes participantes, es decir, la mutua adaptación se presenta como un proceso coevolutivo (Axelrod y Cohen, 2000).

Siguiendo con este orden de ideas, se muestran los antecedentes de la teoría coevolutiva presentes en el análisis histórico realizado por Lewin y Volberda (1999), en donde se argumenta que la visión coevolutiva se encuentra implícita en trabajos alusivos al surgimiento de la burocracia como el de Weber (1978), en el cual se plantea que la organización burocrática surge en un tiempo particular de la historia en respuesta a la convergencia de fuerzas de cambio que acompañaron a la era industrial.

Chandler (1962) plantea un argumento coevolutivo similar, en donde la Forma-M de organización coevoluciona con el desarrollo de la industria de la comunicación y del transporte, las cuales permiten a las empresas moverse a través del tiempo y espacio para diversificar sus intereses comerciales.

Kieser (1989) describe cómo las asociaciones comerciales medievales coevolucionan a fábricas mercantilistas como mercados e instituciones; además, muestra cómo el proceso coevolutivo resulta de un incremento de la especialización funcional de las instituciones. Weick (1979) plantea una visión en la cual los miembros de una organización son vistos como una construcción social de su ambiente, de este modo representa simultáneamente al ambiente como endógeno y exógeno.

Aldrich (1979) resalta una teoría evolutiva basada en procesos de variación, selección y retención. Nelson y Winter (1982) y Levitt y March (1988) proponen variaciones en la estructura que retiene y refuerza al mutuo aprendizaje y mejoras incrementales de las rutinas exitosas. Levinthal y Myatt (1994) estudian la macroevolución de fondos mutuos de inversión industrial en términos de coevolución de las actividades del mercado industrial y capacidades distintivas de la empresa dentro de la industria.

Huygens (1999) señala que para analizar el potencial de la conducta en movimiento de una Empresa-Industria se necesita una visión coevolutiva entre capacidades y competencia respectivamente. En un estudio sobre evolución entre bancos de Illinois, Barnett y Hansen (1966) muestran hallazgos que sustentan las interacciones dinámicas entre el aprendizaje y adaptación de la empresa por un lado, y los altos niveles de competencia y selección por el otro.

Esta forma de persistente coevolución se traduce en una “carrera armamentística” (*arms race*) o en “el efecto de la reina roja” (*the Red Queen effect*) (Beinhocker, 1997, Kauffman 1995, Van Valen 1973) después del comentario de Alice, “en la carrera toma todo lo que puedas para quedar en el mismo lugar” (*It takes all the runnig you can do to keep in the same place*) (Carroll, 1946). El concepto de hipercompetencia (D’Aveni y Gunther, 1994), en el cual, el aumento de la competencia resulta en periodos cortos de ventaja puntual por frecuentes disrupciones, representa un acercamiento similar (Ilinitch, Lewin y D’Aveni, 1998).

En estos modelos coevolutivos se argumenta que la conducta a nivel de la empresa puede conducir a capacidades únicas y ventajas competitivas, pero como un resultado del incremento en la dinámica competitiva estas ventajas rápidamente se erosionan. La implicación es que todas las especies se mantienen cambiando en una carrera de nunca acabar solo para mantener su nivel de capacidad o vigencia (Lewin y Volberda, 1999).

Siguiendo con los antecedentes planteados por Lewin y Volberda (1999) sobre estudios coevolutivos, una variedad de trabajos con este enfoque pueden ser presentados como el de Levinthal (1997), en donde muestra el impacto relativo de los diferentes niveles de adaptación de la empresa y selección de la población en un ambiente cambiante mediante la simulación de la adaptación en un suave contra un panorama escarpado.

Por otro lado, sobre las bases de la configuración competitiva de Heylighen y Campbell (1995), Baum (1999, p. 120) ilustra varias alternativas de suma cero, sistemas puramente coevolutivos que son supercompetitivos; Hamel (1991) concluye que las alianzas

internacionales en su inicio son pensadas para iniciar sinergias que resultan en supercompetitivas. Koza y Lewin (1998) argumentan que las alianzas estratégicas están implícitas en el portafolio de estrategias de las empresas y coevolucionan con la táctica de la empresa, organización institucional, ambiente competitivo y la intencionalidad directiva.

Otros análisis incorporan estudios sobre la dinámica competitiva e interacción cooperativa entre empresas que involucran evolución o microevolución intraorganizacional. Estos estudios toman en cuenta a la coevolución de recursos intraempresa, capacidades dinámicas y capacidades en un contexto competitivo intraempresa (Barnett, Greve y Park 1994; Galunic y Eisenhardt 1996; Burgelman 1991, 1994, 1996).

Galunic y Eisenhardt (1996) analizan la selección y adaptación a nivel intracorporativo, se apoyan en cambios institucionales para alinear y realinear la competencia de varias divisiones con coevolución de mercados y oportunidades, concluyendo que los cambios que se pierden en las empresas de Forma-M involucran una mezcla de selección y procesos de adaptación.

El modelo del proceso intraorganizacional de Burgelman (1994, 1996) cambia el enfoque de selección de la empresa como un todo, a clases de acciones estratégicas dentro de la empresa, y la perspectiva del proceso ecológico de la dirección intraorganizacional como un medio por el cual la empresa puede lograr beneficios del aprendizaje de la selección externa e interna.

Siguiendo con la idea de mostrar los antecedentes de aplicación de la visión coevolutiva en las ciencias sociales, existen algunos trabajos recientes como el de Djelic y Ainamo (1999), que presentan un estudio en donde el cambio en la industria de la moda ha sido el resultado de la coevolución de nuevas formas de organización y la transformación ambiental.

Nelson (2001) presenta un análisis sobre cómo las empresas y la estructura industrial coevolucionan con la tecnología; Hualde y Lara (2005) describen y analizan la creación de una escuela de maquinados de alta precisión “Cenaltex-Phillips” como resultado de la

vinculación entre el sector educativo y el sector productivo en Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Tabla 1.1) Antecedentes de coevolución

Aspecto de coevolución	Contribuidores
Implícito en la Historia	<ul style="list-style-type: none"> • Reemplazo del comercio medieval por fabricas mercantilistas (Kieser, 1989) • Surgimiento de la Burocracia (Weber, 1978) • Difusión de la Forma-M (Chandler, 1962) • Análisis histórico Institucional de empresas de Francia y Bretaña (Calori et al., 1997)
Niveles de Coevolución	<ul style="list-style-type: none"> • Micro y macrocoevolución (McKelvey, 1997) • Coevolución a nivel Intraorganización, organización, población y comunidad (Baum y Singh, 1994) • Contexto interno y externo (Pettigrew, 1995)
Interacción Genealógica y Procesos Ecológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Decreto, doble interacción (Weick, 1979) • Variación, selección, retención (Aldrich, 1979) • Aprendizaje mutuo (Nelson y Winter, 1982, Levitt y March, 1988) • Coevolución de capacidades y competencia (Huygens, 1999; Levinthal y Myatt, 1994) • Síntesis de procesos ecológicos y genealógicos (Baum y Singh, 1994; Levinthal, 1991; Mezias y Lant, 1994) • Coevolución de nuevas formas de organización y transformación ambiental (Djelic y Ainamo, 1999)
Sistemas coevolutivos de Competencia de suma cero	<ul style="list-style-type: none"> • Efecto de la carrera de la reina roja (Beinhocker, 1997; Kauffman, 1995; Van Valen, 1973) • Hypercompetencia (D'Aveni y Gunther, 1994)
Sistemas coevolutivos de Competencia Pluralista	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación sobre varios panoramas de adecuación (Levinthal, 1997) • Configuración coevolutiva Competitiva (Baum, 1999; Heylighen y Campbell, 1995)
Sistema coevolutivo de Cooperación	<ul style="list-style-type: none"> • Alianzas de aprendizaje (Hamel, 1991) • Coevolución de alianzas (Koza y Lewin, 1998)
Microcoevolución	<ul style="list-style-type: none"> • Procesos Ecológicos Intraorganizacionales (Burgelman, 1991, 1994, 1996) • Selección y adaptación a nivel de análisis intracorporativo (Barnett, Greve, Park., 1994; Galunic y Eisenhardt, 1996)
Coevolución con la tecnología	<ul style="list-style-type: none"> • Coevolución de la estructura industrial con la tecnología (Nelson, 2001) • Conexiones tecnológicas entre maquiladoras de autopartes y talleres de maquinado (Lara, Arellano y García, 2005)
Coevolución Empresa-Instituciones	<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación entre sector educativo y productivo (Hualde y Lara, 2005) • Coevolución entre instituciones y maquiladoras (Croguennec y Lara, 2005)

Fuente: Elaboración propia en base a Lewin y Volverda (1999) pp. 525

Croguennec y Lara (2005) examinan la manera en que las instituciones intervienen en la resolución de problemas productivos en el conglomerado, en coevolución con las maquiladoras y los talleres de maquinado. Lara, Arellano y García (2005) con base en un estudio de caso reconstruyen las conexiones tecnológicas más significativas entre las empresas maquiladoras de autopartes y los talleres de maquinado en Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

Con las referencias mencionadas, y basándose en la taxonomía de Lewin y Volberda (1999) sobre los antecedentes de coevolución en estudios organizacionales, se presenta en la Tabla 1.1) un resumen del historial de la coevolución en la ciencia de las organizaciones. La evidencia muestra que la visión coevolutiva se utiliza regularmente para explicar y reconstruir la mutua evolución de organizaciones, en diferentes esferas del ambiente organizacional.

1.1.2 Propiedades de los procesos coevolutivos

Los procesos coevolutivos tienen características propias que los diferencian unos de otros también, se les atribuyen algunas propiedades generales, las cuales son parte del argumento que les otorga su poder explicativo, indistintamente del proceso coevolutivo en cuestión. En este sentido, basándonos en el artículo de Lewin y Volberda (1999), en donde a partir de su reflexión coevolutiva, identifica cinco propiedades generales atribuibles a la coevolución, tales como: multinivelidad, causalidad multidireccional, no linealidad, retroalimentación positiva, trayectoria y dependencia histórica.

1. *Multinivelidad*: el efecto coevolutivo se presenta en múltiples niveles dentro de la empresa y entre organizaciones, y en esta idea Pettigrew (1995) diferencia las interacciones externas (contexto económico, político y fuerzas sociales) de las internas (recursos, capacidades, cultura y políticas internas de la organización); Baum y Singh (1994) consideran la coevolución a nivel de comunidad, población, organización e intra organización.

Algunos trabajos que toman esta última perspectiva coevolutiva son los realizados por Tushman y Rosenkopf (1996), Garud y Van de Ven (1992). Una excepción es el trabajo de March (1991) sobre la interacción de la evolución del pensamiento adaptativo a nivel del microestado (cambios en las creencias de los individuos) y el nivel de la empresa (cambios en el código organizacional), en un contexto de turbulencia ambiental.

2. *Causalidades multidireccionales*: las partes de una organización coevolucionan mutuamente con un cambio en el ambiente organizacional (Baum 1999, Kauffman 1993, McKelvey 1997), por lo que los cambios pueden ocurrir en todas las interacciones que se presentan en la población de organizaciones, permitiendo así la mutua interacción y retroalimentación del resto del sistema.

En otras palabras, una organización puede interactuar con otra o más empresas en distintos niveles (relación proveedor-usuario, consultoría o intercambio tecnológico, etc) y al mismo tiempo estarse retroalimentando de los distintos niveles interactuantes dentro de la misma empresa (finanzas, planeación, diseño, etc).

3. *No linealidad*: Como consecuencia del modelo indeterminado de retroalimentación, el cambio en una variable puede generar cambios completamente distintos en otra, por ejemplo, los efectos de cambios en una variable frecuentemente contradicen las inferencias basadas en una simple lógica de causa-efecto de relaciones lineales entre variable dependiente e independiente (Baum y Singh 1994, Casti 1994).

Sin embargo, la perspectiva coevolutiva sugiere que los cambios en todas las organizaciones interactuantes sean el resultado no solo de la relación directa entre pares, sino también por retroalimentación indirecta a través del resto del sistema.

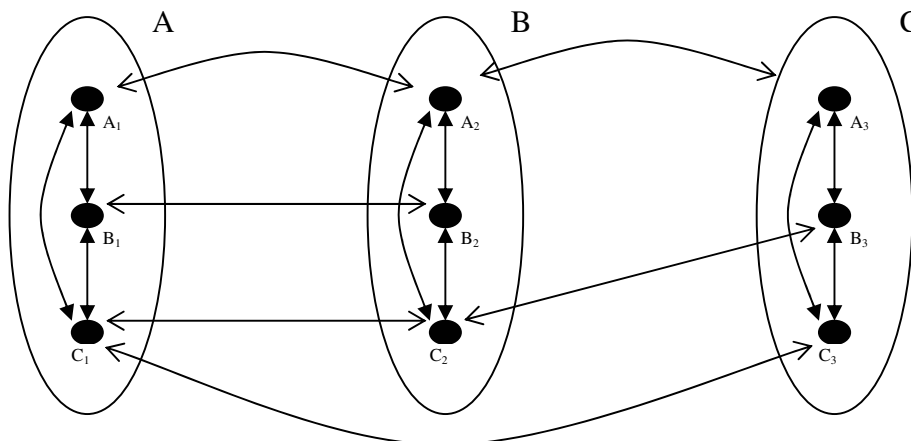
4. *Retroalimentación positiva*: las organizaciones sistemáticamente influyen su ambiente organizacional, el cual se compone de otras instituciones influenciando a otras entidades, por lo que esta interacción repetitiva resulta en interdependencias y causalidad circular, cada empresa influye a la otra y ésta es influenciada por la conducta de la otra, por lo que en esta mutua interacción, la perspectiva unidireccional de la relación causa y efecto da forma a una visión recursiva bidireccional de mutua causalidad.
5. *Dependencia de la trayectoria e historia*: la trayectoria de la adaptación en un proceso coevolutivo es histórico dependiente (Calori et al., 1997; Kieser, 1989;

McKelvey, 1997)², donde las adaptaciones entre empresas constituyentes de la población pueden reflejar heterogeneidad en la población de empresas en los inicios de la serie de tiempo (Stinchcombe 1965, Levinthal 1997)³ más que variación en nichos en el ambiente o un conjunto de condiciones externas.

En esta última propiedad de la coevolución, se debe plantear la idea de condiciones iniciales planteada por Levinthal y Myatt (1994), ya que es una forma de visualizar la evolución de los cambios en las interacciones, a partir de condiciones iniciales específicas en la organización como pueden ser de carácter geográfico, tecnológico, organizacionales, de relaciones, etc.

Estas propiedades permiten que la visión coevolutiva tenga el potencial para integrar la evolución del micro y macro nivel, unificándolos dentro de una estructura e incorporando múltiples niveles de análisis y efectos contingentes, y conduciendo a nuevas visiones, nuevos métodos empíricos y un nuevo entendimiento.

Figura 1.1) Representación de los distintos niveles de interacción



Fuente: Elaboración propia

Esta figura representa las interacciones que se presentan entre sistemas y organizaciones, las cuales interactúan entre ellas en distintos niveles y como son retroalimentadas por el resto del sistema para modificar las estructuras organizacionales y provocar una coevolución de las mismas.

² Citado en Lewin y Volberda (1999), pp. 527

³ *Ibid.*

De igual manera, proponen que el cambio puede darse en todas las interacciones que se presentan entre la población de organizaciones, permitiendo, que la evolución sea manejada en ambas direcciones de la interacción y retroalimentada del resto del sistema (Ver Figura 1.1).

1.2 Presentación de los procesos coevolutivos

Dentro de la visión coevolutiva, para explicar la mutua evolución como resultado de la interacción entre especies, en este trabajo se reconocen dos reflexiones que se diferencian por proponer distintos procesos coevolutivos, es decir, categorizan a las interacciones en distintos procesos coevolutivos de acuerdo a sus características.

En esta idea, se busca obtener una taxonomía que permita clasificar y explicar la mayor cantidad de interacciones posibles que se consideran como objeto de análisis para la realización de este estudio coevolutivo; por lo que se presentan dos visiones distintas en la forma de clasificar a los procesos coevolutivos, las cuales se confrontan con el objeto de plantear un marco analítico que retome elementos complementarios de ambas posiciones.

1.2.1 Primera propuesta

La primera proposición a considerar es el planteamiento realizado por Jhon Thompson (1989) en donde define al término coevolución como “la idea del cambio recíproco en la interacción de las especies”. También sugiere que el problema principal de los estudios coevolutivos es entender la condición ecológica y genética^{4,5} que permite interactuar a las

⁴ El gen es definido como: la unidad elemental del cromosoma, que lleva un mensaje hereditario muy preciso, que lo transmite reproduciéndose (en el cuadro de la división celular) y que, bajo la influencia de diversos factores, es capaz de sufrir una mutación que entraña entonces una modificación del mensaje anteriormente citado.

< <http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/diccionarioEcologico/diccionarioEcologico.php3> > 3 Mayo de 2006.

⁵ En genética y biología, una mutación es una alteración o cambio en la información genética de un ser vivo y que, por lo tanto, va a producir un cambio de una o varias características, que se presenta súbita y espontáneamente, y que se puede transmitir o heredar a la descendencia. La unidad genética capaz de mutar es el gen que es la unidad de información hereditaria que forma parte del ADN. ...

< <http://es.wikipedia.org/wiki/Mutación> > 3 Mayo de 2006.

especies y experimentar repetidos periodos de reciproco cambio genético específicamente a causa de la interacción.

En otras palabras, es entender cual es el marco o ambiente en donde se esta dando la interacción, así, como reconocer a los elementos que permiten que se este dando una relación que puede ofrecer o no la posibilidad de cambio en los agentes u organizaciones involucradas. Para tener una idea más clara de estas condiciones, Thompson (1989) distingue cinco formas diferentes de interactuar, es decir, cinco procesos coevolutivos (Ver Tabla 1.2), que le permiten insertar en una categoría a las distintas interacciones.

1. Coevolución gen a gen

La hipótesis de la coevolución gen a gen se basa en la idea de que para cada gen que genera resistencia en un hospedero, hay un gen correspondiente para la virulencia en el parásito. A menudo, estos análisis genéticos son difíciles, si no imposibles de realizar, hasta la fecha, se han establecido interacciones gen a gen, incluyendo el análisis formal de al menos unos cuantos genes de la resistencia y de la virulencia, en más de una docena de asociaciones hospedero/parásito de tipo agrícola y se han inferido en más de otras 30⁶.

No obstante, a pesar del número limitado de análisis formales sobre la relación hospedero-parásito sobre algunos cuantos genes de la resistencia y virulencia, existen trabajos sobre el tema, siendo uno de los más convincentes para la relación gen a gen el de Burdon, Oates y Marshall (1983), en donde analiza la interacción entre la avena y *Puccinia rusts*, y entre *Glycine canescens* y *soybean rust*.

2. Coevolución específica

La coadaptación de dos especies sin especificar una relación de gen a gen, se denota como coevolución específica para diferenciarla de las interacciones en las cuales intervienen

⁶ Para ver a detalle de las interacciones gen a gen sugeridas entre plantas y sus parásitos, se recomienda revisar el cuadro XII.2 en Thompson (2003), pp. 231.

varias especies, considerando que la coevolución entre dos especies cualquiera puede no ser estrictamente recíproca y que incluye una variedad de posibles resultados tales como: la evolución de la carrera armamentística (*arms race*), divergencia de rasgos en especies en competencia, y convergencia de rasgos en mutualismo.

Uno de los trabajos que provee la evidencia más convincente para coevolución específica en especies en competencia es el realizado por Hairston, Nishikawa y Stenhouse (1987) entre la salamandra *Plethodon glutinosus* y *Plethodon jordani* la cual varía geográficamente en el Norte de carolina en la intensidad de competencia interespecífica⁷.

Los experimentos de Hairston, Nishikawa y Stenhouse (1987) sugieren que ambas especies pueden haber desarrollado gradualmente mecanismos interespecíficos⁸ de interferencia en la gran Montaña Smoky, donde la competencia interespecífica es fuerte, en comparación con poblaciones en la Montaña Balsam, donde la competencia interespecífica es mucho más débil.

El resultado indica que las salamandras pueden verse involucradas en una carrera armamentística, a través de incrementar la agresividad interespecífica, en comunidades donde la interacción competitiva es intensa con divergencia o convergencia para recursos limitados, o extinción local de una de las especies, especialmente por que las asimetrías en habilidad competitiva son comunes.

3. Coevolución difusa

No es raro encontrar planteamientos que sugieren que la coevolución específica entre dos especies parece improbable, debido a que al menos una de las especies también interactúa con otras. En este sentido, se denomina coevolución difusa al cambio recíproco que puede ocurrir entre grupos, más que en pares de especies, por lo que la mayoría de los cambios pueden ser difusos entre muchas o varias familias.

⁷ Competencia entre individuos de diferentes especies.

⁸ El término interespecífico es relativo a características existentes entre especies distintas. Opuesto a intraespecífico.

Parece que algunas interacciones entre polinizadores y plantas encajan en el patrón consistente en que una especie interactúa con grupos de especies emparentadas en una vasta área de distribución geográfica por ejemplo, algunas plantas que producen aceite como recompensa además de, o en lugar de néctar y polen, son visitadas por abejas de quince géneros, distribuidos principalmente en tres familias (Buchmann, 1987).

Las abejas aprovechan el aceite para alimentar a sus larvas, a veces también para revestir sus nidos y, posiblemente como alimento de adultos, algunas de estas abejas están muy especializadas morfológicamente para recolectar aceites de flores, y parecen que son los polinizadores exclusivos o principales de por lo menos algunas de estas especies de plantas (Cane *et al.*, 1983; Simpson, Neff y Seigler, 1983; Vogel y Michener, 1985; Steiner y Whitehead, 1990).

El uso del concepto de coevolución difusa pierde su utilidad cuando es aplicado tan ampliamente que todas las posibilidades de análisis de los mecanismos de cambio recíproco se pierden. Para que sea útil debe ser restringido a interacciones en las cuales se aprecia cómo la selección natural está formando cambio recíproco en pares o grupos de especies.

4. Coevolución diversificadora

En ciertas interacciones, el aislamiento reproductivo puede ser producto directo y no una consecuencia aleatoria de la interacción entre dos especies, es decir, una especie ejerce un control significativo directo ya sea sobre el movimiento de los gametos de la otra especie o sobre el éxito de la reproducción entre los subgrupos de ésta.

Estas dos formas de controlar el apareamiento de otras especies da lugar a la coevolución diversificadora, que produce especiación⁹ en una de las especies interactuantes o en ambas (Thompson, 1989), es decir, la coevolución diversificadora se define como la evolución

⁹ La formación evolutiva de nuevas especies, usualmente por la división de una especie en dos o más genéticamente distintas <www.angelfire.com/mo2/marivi/Environmental%20Systems%20Glossary.html> 20-oct-2006

recíproca entre especies en las cuales la interacción causa al menos que una de las especies se subdivida en dos o más poblaciones reproductivamente aisladas.

Dos clases de interacciones pueden ajustarse mejor a las condiciones de la coevolución diversificadora: aquellas en que intervienen polinizadores y plantas que muestran especialización recíproca extrema¹⁰ y aquellas en que participan hospederos y simbioses¹¹ intracelulares heredados por vida materna¹².

En ambos tipos de interacción, una especie ejerce control sobre cuáles hospederos logran aparearse exitosamente entre sí; sin embargo, hay diferencias en el mecanismo de control. Los simbioses heredados por vía materna, al menos en ciertas especies, pueden controlar cuales apareamientos resultan en descendencia viable y fértil, mientras que los polinizadores controlan directamente el patrón de desplazamiento de los gametos de una planta.

5. Coevolución por escape y radiación

En 1964, Ehrlich y Raven introducen la forma de coevolución más compleja que se concibe hasta ahora, y que incluye a la adaptación, especiación y la creación de asimetrías en los patrones de especialización. Su hipótesis que puede denominarse coevolución por escape y radiación, consta de cinco etapas:

1. Las plantas producen nuevos compuestos químicos (compuestos secundarios), por mutación y recombinación.

¹⁰ Un especialista extremo es una especie que, durante la mayor parte de su ciclo de vida, depende de otra especie, o unas cuantas especies estrechamente emparentadas, para sobrevivir o reproducirse, es decir, especies como las yucas, las royas, la avispa del higo, el milano caracolero y los pandas.

¹¹ La simbiosis se refiere a asociaciones íntimas entre especies, ya sean parasitarias, comensalísticas o mutualistas. A los organismos involucrados se les denomina simbioses.

¹² Cuando se hace referencia a interacciones donde participan hospederos y simbioses, se refiere a una simbiosis parasitaria en donde todos los cruzamientos son exitosos salvo cuando se acoplan hembras de poblaciones no infectadas con machos de poblaciones infectadas, el resultado es que hay un efecto directo e inmediato sobre la estructura de la población del hospedero.

2. Los nuevos compuestos químicos reducen la palatabilidad de estas plantas para los insectos fitófagos¹³, por lo que son favorecidas por la selección natural.
3. Las plantas con estos nuevos compuestos pasan por un proceso de radiación evolutiva en especies que ocupan una nueva zona adaptativa en la cual están libres de sus antiguos herbívoros.
4. En una población de insectos aparece un mutante o recombinante nuevo que es capaz de vencer a los nuevos compuestos de la planta.
5. Estos insectos ingresan en una nueva zona adaptativa y se irradian en especies que ocupan las plantas que contienen los compuestos nuevos.

Tabla 1.2) Procesos de coevolución y tipos de interacción entre especies, primera propuesta	
Procesos de coevolución	Tipos de interacción
Coevolución de gen a gen	Por cada gen de resistencia en un hospedero hay uno equiparable para la virulencia en el parásito.
Coevolución específica	Coadaptación de dos especies sin especificar una relación de gen a gen, con divergencia de rasgos en especies en competencia y convergencia de rasgos en mutualismo*
Coevolución difusa	El cambio evolutivo recíproco ocurre entre grupos de especies más que en un par, enfatizando que la unidad evolutiva de una interacción puede ser mayor que un par de especies.
Coevolución diversificadota	Una especie ejerce un control significativo directo ya sea sobre el movimiento de los gametos** de la otra especie o sobre el éxito de la reproducción entre subgrupos de ésta.
Coevolución escape y radiación	Consta de cinco pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Las plantas producen nuevos compuestos químicos por mutación y recombinación 2. Los nuevos compuestos reducen la palatabilidad de estas plantas para los insectos fitófagos 3. Las plantas con los compuestos nuevos pasan por un proceso de radiación evolutiva en especies que ocupan una nueva zona adaptativa en la cual están libres de sus antiguos herbívoros 4. En una población de insectos aparece un mutante o recombinante nuevo que es capaz de vencer a los nuevos compuestos de la planta 5. Estos insectos ingresan en una nueva zona adaptativa y se irradian en especies que ocupan las plantas que contienen los compuestos nuevos

Fuente: Elaboración propia con información de Thompson J. (1989, 2003)

* Mutualismo es una interacción biológica en la que ambos organismos de una relación íntima obtienen algún grado de beneficio. El mutualismo suele ser temporal y no obligatorio. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Mutualismo>> 3 Mayo de 2006.

** En Biología, los gametos (del griego Gameto, cónyuge) son cada una de las células sexuales masculina y femenina que al unirse en la fecundación forman el cigoto de las plantas y de los animales. Los órganos que producen los gametos se llaman gónadas. <<http://es.wikipedia.org/wiki/Gametos>> 21 Mayo de 2006

¹³ Que se alimenta de materiales vegetales.

El resultado de este proceso son conjuntos de especies de plantas e insectos que presentan esta secuencia de escape de la planta y radiación de especies, seguida por la colonización de insectos y la radiación de especies.

El proceso de coevolución por escape y radiación difiere fundamentalmente de la coevolución diversificadora, por que en esta última una especie influye directamente en la especiación de la otra controlando el movimiento o la supervivencia de los gametos. En la coevolución por escape y radiación, la especiación de la planta ocurre durante periodos en que las plantas se han escapado al ataque de los insectos. Éstos no controlan el movimiento de, ni la supervivencia de los gametos.

Una comprobación adecuada de la coevolución por escape y radiación debe incluir un análisis de cada uno de los cinco pasos del proceso. Aunque se han realizado varios intentos, el análisis de Berenbaum (1983) sobre la coevolución de la familia de plantas *Umbelliferae* y sus insectos herbívoros es lo que más se acerca a un examen completo, con la conclusión de que estas interacciones aportan pruebas para sustentar la hipótesis, pero una evaluación posterior sugiere más incertidumbre con respecto a si las interacciones siguen realmente el proceso de coevolución por escape y radiación (Thompson, 1986).

1.2.2 Segunda proposición

La segunda proposición¹⁴ argumenta que un elemento importante es la existencia de presiones selectivas que están involucradas en los procesos coevolutivos, las cuales están divididas, como en las funciones matemáticas, en aquellas que actúan como variables dependientes e independientes en la evolución de un organismo o comunidad estable.

En esta idea, se consideran como variables independientes a los elementos abióticos o ajenos a la vida como la influencia del clima en la adaptación, etc. y dentro de las variables

¹⁴ Este planteamiento fue tomado de la web: http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol2.htm (3 Mayo de 2006) y http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol1.htm (3 mayo de 2006), por Abel Domínguez (Webmaster) de Naturaleza educativa.

dependientes se encuentran las manifestaciones de naturaleza biótica o relacionadas a la vida como demografía, grupo, competencia y ambiente biótico¹⁵.

De esta manera, como parte de este escenario la biología evolutiva reconoce la existencia de algunos tipos de coevolución, pero antes de presentarlos es necesario mencionar que dichos procesos coevolutivos se pueden identificar cualitativamente en las interacciones que se presentan entre especies, a pesar de la ausencia de una línea divisoria definida entre cada uno de estos procesos. Esta propuesta coevolutiva plantea dos procesos coevolutivos principales que son:

1. coevolución concertada,
 - a. coevolución antagonista
 - b. coevolución cooperativa y
2. coevolución por mutualismo.

Ahora bien, para comprender cada uno de los procesos coevolutivos y entender cuáles son los rasgos característicos por los que se identifican, es válido decir que la coevolución concertada es el resultado de las relaciones bióticas entre especies distintas a lo largo del tiempo, es decir, es el producto evolutivo de las interacciones vitales entre especies no emparentadas, por lo cual unas dependen en parte de las otras para evolucionar, y viceversa.

En este sentido, los factores abióticos no entran dentro de la evolución concertada, ya que no se ven alterados durante el proceso de adaptación de una especie. Por ejemplo, las características climáticas no cambian en el transcurso de adaptación de una especie al clima (aunque sí al contrario). Sin embargo, determinados parámetros bióticos de una especie sí pueden cambiar durante su proceso de adaptación en cuanto a su relación con otras especies.

¹⁵ Ambiente biótico, incluye a todos los organismos vivos que directa o indirectamente ejercen influencia sobre la vida de un organismo; por ejemplo, las plantas, el sustrato y otros peces, forman parte del ambiente biótico de un pez. Definido en: <http://www.elacuaria.com/glosario1.htm> (9 de marzo de 2006)

Así, un conejo, que es presa habitual de un ave rapaz, podría adaptarse para huir mejor de su potencial depredador (mejorando su mimetismo, velocidad, etc.), pues lo probable es que esa rapaz también evolucione adaptándose a los cambios que se experimentan en el conejo (agudizando la vista, perfeccionando las técnicas de vuelo para el ataque, etc.). El mismo ejemplo valdría para otros muchos depredadores y presas, como un león y un antílope.

La coevolución concertada no se limita a las relaciones en especies del reino animal, también se manifiesta entre animales y plantas. Así, muchas especies vegetales han desarrollado mecanismos para defenderse y asegurar su reproducción y descendencia, por ejemplo endureciendo las vainas; generando olores repugnantes, savia venenosa, espinas o púas para evitar ser comidos.

Sin embargo, estas medidas defensivas de muchas plantas han conseguido ser superadas por algunos animales herbívoros, lo que obligará a las plantas a coevolucionar para superar las nuevas capacidades de éstos. Aunque no existe una línea divisoria bien diferenciada, se pueden establecer dos tipos de coevolución o evolución concertada y uno por mutualismo que se sintetizan en la Tabla 1.3):

- Coevolución antagonista
- Coevolución cooperativa
- Coevolución mutualista

1. Coevolución antagonista

La coevolución antagonista o evolución concertada antagonista, es un proceso iterativo pero antagónico entre una presa y su depredador, o un parásito y su hospedante. Por ejemplo, en 1859 un cazador introdujo en Australia un par de docenas de conejos, con pocos depredadores los conejos se reprodujeron por millones. Tras el fallido intento de envenenarlos, se introdujeron zorros rojos europeos como depredadores, pero no fueron eficaces porque se especializaron en otro tipo de presas más pequeñas.

En 1950 se introdujo el mixomavirus, un virus que provoca la mixomatosis, una enfermedad infectocontagiosa que afecta especialmente a los conejos. En un principio se demostró una gran virulencia, matando a todos los conejos infectados, pero durante tres décadas se comprobó que los conejos iban adquiriendo resistencia y recuperándose.

A la vez, mediante estudios de laboratorio se observó que el virus había perdido virulencia, causando menos muertes. Se confirmó así que tanto el parásito como el hospedador habían evolucionado; sin embargo, uno lo había hecho en sentido de aumentar su resistencia, mientras que el otro lo había hecho en un sentido inverso, hacia una virulencia menor.

2. Coevolución cooperativa

La coevolución cooperativa se manifiesta en determinadas asociaciones, y en varias relaciones adaptadas entre diferentes especies en las que ambas obtienen un beneficio, principalmente en el sentido de tener control sobre los gametos o reproducción de una de las especies.

Por ejemplo, las larvas de muchos lepidópteros (como muchas especies de mariposas azules) son cuidadas por las hormigas contra el ataque de determinados parásitos, y a su vez las larvas segregan un líquido del que se alimentan las hormigas. Aquí se da una coevolución cooperativa coordinada, en donde las hormigas y las larvas adaptan su comportamiento en beneficio mutuo.

Otras formas de coevolución cooperativa tiene múltiples ejemplos entre el mundo animal y vegetal. Así, en la polinización se dan adaptaciones donde numerosas plantas y animales cooperan para conseguir sus propios objetivos, como los de reproducción o alimentación. Se distingue la capacidad evolutiva de las plantas para desarrollar sistemas que atraen a los animales polinizadores, tales como formas, olores y colores llamativos.

Los animales atrapados en el esplendor que se les ofrece, reciben el néctar como premio a cambio de distribuir o entregar el polen, el cual queda asido y es desprendido de su cuerpo

mediante mecanismos que las plantas desarrollan para esa función. Otros vegetales disponen de adaptaciones espectaculares, en forma de diversos dispositivos con la finalidad de perpetuarse a sí mismos.

Por ejemplo, algunas semillas desarrollan alas que les permiten desplazarse mediante la acción del viento; o espinas u otros métodos de sujetarse al pelo de los animales; o sustancias pegajosas (como el muérdago, que es parásito de los robles) que adhieren parásitos a otros árboles cuando los pájaros frotan el pico en ellos; todo esto con objeto de conseguir el transporte que no pueden realizar por sí mismos.

3. Coevolución por mutualismo

El mutualismo es otro ejemplo coevolutivo en el cual dos o más especies mantienen una relación simbiótica, y por tanto necesaria para la supervivencia de ambas. Tal es el caso de las micorrizas¹⁶, estos hongos necesitan del árbol al que están unidos para obtener la energía que sólo él puede suministrarles, y que no podrían sintetizar por sus propios medios. A cambio, el árbol obtiene con mayor facilidad los nutrientes del sustrato, a la vez que mantiene sus raíces protegidas de algunas enfermedades.

Tabla 1.3) Procesos de coevolución y tipos de interacción entre especies, segunda propuesta	
La coevolución concertada no esta limitada a relaciones entre especies del reino animal, sino que también se manifiesta entre animales y plantas, en donde se caracteriza por tener una evolución convergente y puede presentarse como:	
Proceso de Coevolución	Tipo de interacción
Coevolución antagonista	La coevolución antagonista (o antagonista concertada) es un proceso iterativo, divergente y opuesto cuando se manifiesta en las relaciones entre especies, por ejemplo entre una presa y su depredador, o un parásito y su hospedante.
Coevolución Cooperativa	La Coevolución cooperativa se manifiesta en determinadas asociaciones, y en variadas relaciones adaptadas entre diferentes especies en las que ambas obtienen un beneficio, es decir, se presenta una adaptación en los comportamientos en beneficio mutuo.
Coevolución por Mutualismo	El mutualismo es otro ejemplo coevolutivo en el cual dos o más especies mantienen una relación simbiótica, y por tanto necesaria para la supervivencia de ambas.

Fuente: elaboración propia con información de: http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol2.htm (3 Mayo de 2006)
http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol1.htm (3 Mayo de 2006)

¹⁶ Las micorrizas son unos hongos que se mantienen adheridos a las raíces de determinados árboles, como robles y coníferas

1.3 Taxonomía propuesta para los procesos coevolutivos a considerar

De las dos proposiciones coevolutivas anteriores, se extraen algunos procesos coevolutivos de ambas propuestas con la intención de proponer una taxonomía para clasificar a las interacciones del fenómeno estudiado. En este sentido, para fines del presente trabajo se omiten dos de las formas antes analizadas, debido a que sus características distintivas no empatan con el tipo de interacciones a reconocer:

1. El primero es el proceso coevolutivo de gen a gen, pues por las particularidades que se le atribuyen, equivaldría a decir que para cada exigencia o necesidad de una organización, existe otra que responderá a dicha necesidad, situación que no es así, debido a que la relación de agentes no es proporcional.
2. El segundo proceso coevolutivo que se descarta es el de escape y radiación, pues eso corresponde a decir que cuando una organización interactúa con un usuario, éste último evoluciona a contextos diferentes y ya nunca volverá a interactuar con la organización, situación que tampoco es así, ya que las interacciones pueden presentarse por periodos y en diferentes niveles o contextos con la misma organización.

Los dos primeros procesos que se reconocen, son el resultado de la combinación de la evolución concertada de la segunda propuesta, que implica a la coevolución antagónica y cooperativa, con la coevolución específica de la primera propuesta. En este sentido, la coevolución concertada involucra las relaciones bióticas entre especies distintas, es decir, es el producto evolutivo de las interacciones vitales entre especies no emparentadas, por lo cual unas dependen en parte de las otras para evolucionar, y viceversa.

De esta forma, es evidente que la coevolución específica se encuentra implícita dentro del argumento de la coevolución concertada ya que también es producto de las interacciones vitales entre especies no emparentadas y además incorpora que es la coadaptación de dos

especies con divergencia de rasgos en competencia y convergencia de rasgos en mutualismo.

La conexión de estos elementos conduce a adoptar el nombre de coevolución específica en dos vías, debido a que el elemento dominante responde a que la interacción se lleva a cabo entre dos especies y no varias. De esta forma, la coevolución antagonista y coevolución por mutualismo son los primeros dos de cuatro procesos que se consideran.

1. Coevolución antagonista

La coevolución antagonista se caracteriza por que los rasgos entre especies evolucionan de manera divergente en especies en competencia, es decir, como en el ejemplo de los conejos que se introdujeron en Australia. Pero también por ser específica se considera que la coevolución entre dos especies cualesquiera puede no ser estrictamente recíproca.

2. Coevolución por Mutualismo

Se denomina coevolución por mutualismo a la evolución recíproca que se caracteriza por una convergencia de rasgos, es decir, se mantiene una relación simbiótica y necesaria para la supervivencia¹⁷ de ambas especies en interacción, sin incluir el control de reproducción de una especie sobre la otra.

3. Coevolución diversificadora

El tercer proceso de coevolución resulta de la contrastación entre coevolución diversificadora de la primera propuesta y coevolución cooperativa contenida en la evolución concertada de la segunda propuesta. El argumento principal señala que en

¹⁷ Por ejemplo, tal es el caso de las micorrizas, unos hongos que se mantienen adheridos a las raíces de determinados árboles, como robles y coníferas. Estos hongos, necesitan del árbol al que están unidos para obtener la energía que sólo él puede suministrarles, y que no podrían recibir y sintetizar por sus propios medios. A cambio, el árbol puede obtener más fácilmente los nutrientes del sustrato, a la vez que mantiene sus raicillas protegidas de algunas enfermedades.

la interacción de dos especies una puede ejercer un control significativamente directo ya sea sobre el movimiento de los gametos de la otra especie o sobre el éxito de la reproducción entre los subgrupos de ésta.

En relación a la coevolución cooperativa de la segunda propuesta, no existen los elementos teóricos suficientes para decir que está implícita dentro de la coevolución diversificadora, ante tal situación se remite a los ejemplos, los cuales están orientados hacia que una de las especies interactuantes tiene control sobre el éxito de la reproducción o el control de los gametos y además evolucionan para poder reproducirse¹⁸.

Finalmente se puede definir a la coevolución diversificadora como la interacción de dos especies en donde una de ellas puede ejercer un control significativamente directo ya sea sobre el movimiento de los gametos de la otra especie o sobre el éxito de reproducción entre los subgrupos de ésta, además produce especiación en una de las especies interactuantes o en ambas.

4. Coevolución difusa

La coevolución difusa como cuarto proceso postula que la evolución recíproca ocurre entre grupos, es decir, enfatiza que en la unidad evolutiva de una interacción pueden intervenir más de un par de especies, por lo que la mayoría de los cambios pueden ser difusos entre muchas o varias familias.

En la coevolución concertada de la segunda propuesta se hace alusión acerca de que la evolución se puede presentar entre especies, pero, la idea queda muy general debido a que no se diferencia claramente cuándo es un proceso interactivo entre dos

¹⁸ En este último caso se tiene el ejemplo de algunas semillas que han conseguido desarrollar alas que les faculta para desplazarse mediante la acción del viento; o espinas u otros métodos de sujetarse al pelo de los animales; o sustancias pegajosas (como el muérdago, que es parásito de los robles) que adhieren parásitos a otros árboles cuando los pájaros frotan el pico en ellos; todo esto con objeto de conseguir el transporte que no pueden realizar por sí mismos.

especies y cuándo se presenta entre grupos de especies, por lo cual optamos por nombrar a esta última propuesta como coevolución difusa.

Tabla 1.4) Taxonomía de los Procesos Coevolutivos Seleccionados	
Tipo	Interacciones
Coevolución antagónica	Es un proceso opuesto, es decir, se caracteriza por que los rasgos evolucionan de manera divergente en especies en competencia, pero también por ser específica se considera que la coevolución entre dos especies cualesquiera puede no ser estrictamente recíproca.
Coevolución mutualista	Como resultado de la evolución recíproca se presenta una convergencia de rasgos en mutualismo, es decir, se mantiene una relación simbiótica y necesaria para la supervivencia de ambas especies en interacción, sin incluir el control de reproducción de una especie sobre la otra.
Coevolución diversificadora	Una especie ejerce un control significativo directo ya sea sobre el movimiento de los gametos de la otra especie o sobre el éxito de la reproducción entre subgrupos de ésta, y se presenta especiación.
Coevolución difusa	La evolución recíproca ocurre entre grupos, es decir, enfatiza que en la unidad evolutiva de una interacción pueden intervenir más de un par de especies, por lo que la mayoría de los cambios pueden ser difusos entre muchas o varias familias.

Fuente: elaboración propia con datos de Thompson (1989, 2003) y páginas web:
http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol2.htm (3 Mayo de 2006)
http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol1.htm (3 Mayo de 2006)

Ahora bien, en la Tabla 1.4) se presenta de forma resumida la propuesta taxonómica para el desarrollo y clasificación de los diferentes procesos de interacción según el estudio de caso.

1.4 Conclusiones

Después de presentar una revisión bibliográfica sobre el debate que existe acerca del tema de coevolución en la biología desde una visión ecológica, y la discusión y uso del término en las ciencias sociales, se presentaron dos visiones diferentes en la manera de insertar a las diferentes interacciones entre especies en un proceso coevolutivo, basándose en aspectos de índole cualitativo.

De esta forma, a partir de estas propuestas en la forma de categorizar en diferentes procesos coevolutivos a las interacciones entre especies, se plantea una propuesta taxonómica que

considera en todo momento las características similares de ambas posturas para fusionarlas, complementarlas y obtener así a los procesos coevolutivos que se utilizan en el estudio de caso.

Esta taxonomía permite categorizar a las distintas interacciones en un proceso coevolutivo a pesar de que no existe una frontera que delimite el dominio de cada uno de los procesos, de esta forma, es posible clasificar a las distintas interacciones, teniendo como parámetro de referencia a ciertos rasgos característicos de índole cualitativo que los diferencian unos de otros.

Las ideas presentes en este capítulo se utilizan y combinan con información contenida en el segundo capítulo para obtener una matriz que permite visualizar la coevolución entre dos agentes, en este sentido, la relevancia que tiene el identificar el proceso coevolutivo al cual responde una interacción es de suma importancia como se verá en el capítulo nueve.

Con los antecedentes presentados sobre la teoría coevolutiva para explicar fenómenos de evolución recíproca, se muestra la fortaleza que tiene esta visión para incorporar aspectos cualitativos a la explicación de los fenómenos, apoyándose de algunas propiedades generales que han sido presentadas en este capítulo y que además, son una herramienta que permiten incorporarlos al estudio.

Capítulo 2

Exploración/Explotación

2.1 Especialización

2.2 Antecedentes de explotación/exploración

2.2.1 El debate

2.2.3 Balance entre explotación y exploración

2.3 Ciclo de exploración/explotación

2.3.1 Consolidación

2.3.2 Tenacidad

2.3.3 Generalización

2.3.4 Diferenciación

2.3.5 Reciprocidad

2.4 Implicaciones y vulnerabilidad de la exploración y explotación

2.4.1 Explotación

2.4.1.1 Implicaciones de la explotación para la red de innovadores

2.4.2 Exploración

2.4.2.1 Implicaciones de la exploración para la red de innovadores

2.4.3 Vulnerabilidad de la relación exploración/explotación

2.5 Conclusiones

Tabla 2.1) Elementos de debate en exploración/explotación

Tabla 2.2) Características principales de exploración y explotación

Figura 2.1) Ciclo de explotación y exploración

Capítulo 2

Exploración/Explotación

La pertinencia del uso del concepto exploración/explotación radica en que el debate permite conectar a la combinación de actividades de exploración y explotación con la transformación y continuidad de prácticas en una organización. En este sentido, el objetivo fundamental de este capítulo es destacar algunos elementos teóricos que contribuyen a entender la relevancia que tiene el balance y solución de la controversia, así, como incorporar una forma diferente de aplicación del concepto exploración/explotación.

Las preguntas que se intentan responder son: ¿Cuál es la relevancia que tiene el debate exploración/explotación? ¿Cual es la postura teórica que da solución al debate y en qué consiste? ¿Cual es la implicación y vulnerabilidad que tiene la exploración y explotación en las interacciones?

Para lograr este propósito, el capítulo se estructura en cinco partes principales, la primera intenta responder sobre cuál es la vinculación que guarda el grado de especialización de una interacción entre dos o más especies y el debate exploración/explotación, además de ser un preámbulo para desarrollar el tema de exploración y explotación, la segunda, presenta los antecedentes históricos, elementos de debate y la importancia que tiene el balance de la controversia.

La tercer parte presenta al ciclo exploración/explotación como una solución al debate, al igual que describe cada uno de los elementos que conforman a dicho ciclo, la cuarta parte presenta la vulnerabilidad y algunas implicaciones de la controversia en las interacciones, finalmente la quinta parte presenta las conclusiones.

2.1 Especialización

El proceso coevolutivo requiere y produce algún grado de especialización dentro de las comunidades biológicas interactuantes y además se plantea que no todas las interacciones muy especializadas son coevolucionadas (Thompson, 2003). Por lo tanto, estas diferencias generan parte de la variedad que se encuentra en la relación entre especies, pues cada nueva especie abre otras posibilidades de interacción y especialización, lo cual incrementa la diversidad (Holland, 2004).

Esta riqueza se amplifica, cuando la población llega a ser geográficamente diferenciada en sus grados de especialización y coevolución con otras especies a lo largo de diferentes trayectorias evolutivas. Otra consideración en la especialización de las interacciones es que las adaptaciones heredadas de los antepasados influyen sobre el cómo se forman las nuevas interacciones, ya que la adaptación de una especie puede ser la preadaptación de una población para interactuar con otras especies parientes del mismo linaje.

Adicionalmente, el potencial para interactuar con varias especies estrechamente emparentadas puede generar diferentes grados de especialización entre poblaciones y especies (Thompson, 2003), por lo que en esta reflexión se denomina al conjunto de agentes con los que un determinado agente o especie puede actuar, como su dominio de interacción (Holland, 2004).

Si bien, la idea acerca de que las diversas especializaciones encontradas en las especies son restricciones a la futura evolución (especializaciones extremas¹⁹), es decir, que las especializaciones son callejones sin salida, cabe la posibilidad de que la especialización evolucione en dirección a otras especies considerando la no linealidad de las interacciones, si esto es así, el resultado es un mosaico geográfico (Thompson, 1999, 2003) dinámico creado por el grado de especialización entre las especies.

¹⁹ Cuando un parásito se especializa en solo una clase de hospedero (Thompson, J., 2003)

En este contexto surge el debate entre la especialización como elemento restrictivo para la evolución, o como un preámbulo para la coevolución de los agentes interactuantes, ya que como se mencionó, el constante cambio debido a las presiones de selección mutua genera coevolución, por lo que se infiere la idea de que existe una tensión heterogénea en el espectro de interacciones en las que un par o más de especies puedan estar implícitas según su dominio de interacción.

En este sentido, retomando la idea acerca de la existencia de una tensión heterogénea en el dominio de interacción de un par de especies, aparece el tema de exploración /explotación como una herramienta para evaluar éste grado de tensión o nivel de exploración y explotación presente en cada una de las relaciones que se pueden presentar entre dos especies.

2.2 Antecedentes de explotación/exploración

Este apartado tiene como objetivo presentar la trayectoria histórica generada, en torno a la discusión explotación/exploración, dentro de la teoría de las organizaciones. Para este fin, se basa principalmente en antecedentes descritos en las obras de March (1991) y Nooteboom (2000).

En este sentido, en la teoría de la racionalidad limitada, la discusión de las opciones entre exploración y explotación hace énfasis sobre el papel de la distribución y regulación de la investigación (Cyert y March, 1963), el supuesto es que la investigación se inhibe si se tiene preferencias sobre el objetivo. La idea que analiza el balance entre exploración y explotación, en modelos racionales se discute en términos de la teoría de búsqueda racional (Radner y Rothschild, 1975; Hey, 1982). Tales ideas también se encuentran implícitas en la teoría de la satisfacción (Simon, 1955) y en la teoría prospectiva (Kahneman y Tversky, 1979).

Cabe mencionar que la idea que plantea el debate explotación/exploración, se encuentra implícita en diversos estudios, aunque no declarado como tal, pero si en otros términos,

como también es el caso de la distinción entre el primero y segundo orden de aprendizaje (Hedberg, Nystrom y Starbuck, 1976; Fiol y Lyles, 1985) o el aprendizaje *single loop* y *double loop* (Argyris y Schön, 1978), en donde el primero, es aprender a hacer mejor y más eficiente las cosas existentes y el segundo, es aprender a hacer nuevas cosas a partir de una nueva perspectiva.

El debate también está conectado con la noción de cambio paramétrico de Langlois y Robertson (1995) como opuesto al cambio planteado por Henderson y Clark (1990), nivel más bajo y nivel más alto de cambio arquitectural. Hayek (1976) identifica dos tipos de orden espontáneo: el primer tipo llamado la operación de reglas y el segundo el cambio de esas reglas. En estudios de aprendizaje organizacional, el problema de balancear la exploración y explotación se exhibe en ideas entre refinamiento de una tecnología existente y la invención de una nueva (Winter, 1971; Levinthal y March, 1981).

En los modelos de formas organizacionales y tecnologías, el debate está en términos de balancear el doble proceso de variación y selección (Ashby, 1960; Hannan y Freeman, 1987). En los estudios sobre procesos adaptativos, el interés central está en la relación entre la exploración de nuevas posibilidades y la explotación de las antiguas certidumbres (Schumpeter, 1934; Holland, 1975; Kuran, 1988; March, 1991), la explotación es requerida por la empresa para sobrevivir en el corto plazo y la exploración es requerida para sobrevivir en el largo plazo.

Volberda (1988) pone al debate explotación/exploración como la paradoja de la flexibilidad, colocándola como el centro de atracción; Nootboom (1999)²⁰ plantea como opera la combinación explotación y exploración en la industria farmacéutica; Nootboom (2000), propone un ciclo de descubrimiento que describe y explica como la exploración y explotación están mutuamente relacionadas y se construyen mutuamente; Gilsing y Nootboom (2006), en un estudio para el caso de la biotecnología farmacéutica, discuten la lógica a nivel sectorial, para entender la transición de explotación a exploración y viceversa,

²⁰ Citado en Jacoby (2005).

2.2.1 El debate

Este apartado tiene la intención de responder a la pregunta sobre ¿cuales son los elementos de debate entre exploración/explotación?, para ello se presentan algunas visiones diferentes en la forma de apreciar a dicha discusión. Dentro de esta dinámica surge la controversia entre exploración y explotación planteada por Holland (1975) y March (1991), en donde uno implica el desarrollo de nuevas cosas y el otro involucra el uso eficiente de las capacidades existentes, respectivamente.

March (1991) asocia a la exploración con situaciones que implican lo capturado por los términos como riesgo, variación, experimentación, juego, flexibilidad, descubrimiento e innovación, además plantea que los sistemas adaptativos que se insertan en la exploración en detrimento de la explotación, probablemente obtienen bajos beneficios y presentan ideas subdesarrolladas con pocas capacidades distintivas. La exploración también se relaciona con el aprendizaje mutuo entre miembros de una organización y es requerida para sobrevivir en el largo plazo

La explotación se vincula con términos como el refinamiento, opción, producción, eficiencia, selección, implementación, ejecución, y los sistemas que se introducen en la explotación a la exclusión de la exploración es probable que se encuentren atrapados en un sub-óptimo equilibrio (March, 1991). También se relaciona con el aprendizaje y la obtención de alguna ventaja competitiva en la disputa por la hegemonía y es requerida por las empresas para mantenerse en el corto plazo.

Incluso el debate se encuentra en el contraste entre la lógica directiva clásica y moderna (Dijksterhuis, Van den Bosch y Volberda, 1999) en donde la primera se asocia con la estandarización de productos y la segunda con las relaciones sociales en la organización retando a la organización científica o Taylorista con la experimentación de nuevos principios organizativos. O como las presenta Lewin, Long, y Carroll (1999:537), en términos del desempeño de la organización, "...la exploración incrementa la probabilidad

de lograr niveles de desempeño por arriba o debajo de la tendencia de la trayectoria histórica. La explotación, es probable que conserve la línea de tendencia histórica.”

Tabla 2.1) Elementos de debate en exploración/explotación	
Exploración	Explotación
Se asocia con el aprendizaje mutuo entre miembros de una organización.	Se relaciona con el aprendizaje y la obtención de alguna ventaja competitiva en la disputa por la hegemonía.
Es requerida por las organizaciones para sobrevivir en el largo plazo.	Es requerida por las empresas para mantenerse en el corto plazo.
Involucra desarrollo de nuevas cosas.	Involucra el uso eficiente de las capacidades existentes.
Se asocia con situaciones que implican lo capturado por los términos como: riesgo, variación, experimentación, juego, flexibilidad, descubrimiento e innovación.	Se asocia con términos como el refinamiento, opción, producción, eficiencia, selección, implementación, ejecución.
Plantea que los sistemas adaptativos que se insertan en la exploración en detrimento de la explotación, probablemente obtienen bajos beneficios y presentan ideas subdesarrolladas con pocas capacidades distintivas.	Los sistemas que se introducen en la explotación en detrimento de la exploración es probable que se encuentren atrapados en un sub-óptimo equilibrio.
Reta a la organización científica o Taylorista con la experimentación de nuevos principios organizativos.	Se asocia con la estandarización de prácticas, productos y procesos.
Incrementa la probabilidad de lograr niveles de desempeño por arriba o debajo de la tendencia de la trayectoria histórica.	Es probable que mantenga la línea de tendencia histórica.
Requiere conservar la identidad, conocimiento y prácticas existentes con cierta cantidad de control y coordinación, en un diseño dominante, lo cual limita a los individuos en mayor o menor extensión.	Surge de desviaciones como una fuente de innovación con una pérdida de control y coordinación.

Fuente: Elaboración propia con datos principalmente de Nooteboom (2000) y March (1991)

La explotación requiere mantener la identidad, conocimiento y prácticas existentes con una cierta cantidad de control y coordinación, en un diseño dominante (Abernathy y Utterback, 1978), lo cual limita a los individuos en mayor o menor extensión. La exploración surge de desviaciones²¹ como una fuente de innovación con una pérdida de control y coordinación (Nooteboom, 2000).

Los antecedentes presentados analizan e incorpora nuevos elementos al debate, de lo cual surge la interrogante acerca de cuál es el óptimo de elementos requeridos para balancear la controversia exploración/explotación en las diferentes interacciones. Un contraste de los

²¹ Se refiere a desviaciones como formas de actuar fuera de los estándares establecidos, es decir, realizar nuevas combinaciones de prácticas, procesos, productos que pueden resultar en innovaciones.

principales elementos de debate, en forma general, entre exploración y explotación se presentan en forma resumida en la Tabla 2.1).

2.2.3 Balance entre explotación y exploración

Continuando con esta reflexión sobre cuanta explotación y exploración es necesaria para balancear y satisfacer los requerimientos de las interacciones para la sobrevivencia de las organizaciones, este apartado responde a la pregunta sobre ¿cuáles son las propuestas o mecanismos planteados en la literatura para lograr dicho balance?

En este sentido, se reconocen algunas formas para alcanzar dicho balance, una es la separación de lugares, es decir, una parte de una organización se involucra en la explotación y la otra en la exploración; una segunda, es la separación en el tiempo, explotación en un tiempo y exploración en otro tiempo; una tercera forma es trascender la paradoja, es decir, mostrando como la explotación y exploración puede ser combinada al mismo tiempo y el mismo lugar (Volberda, 1998).

En esta idea, Nooteboom (2000) agrega que la evolución Darwiniana es una forma de resolver la paradoja de explotación/exploración, es decir, las formas de explotación proliferan aleatoriamente y las que ajustan mejor son seleccionadas. La selección de la novedad (exploración) es un fenómeno a nivel de la población, no existe un primer diseño que anticipe el cambio en el ambiente. Las organizaciones en esta forma crean rutinas redundantes y seleccionan aquella que se desarrolle mejor. Sin embargo, la generación aleatoria de la novedad involucra mucha duplicación, fallas y es completamente ineficiente.

Hay empresas que compiten en ambientes de alta velocidad y turbulencia, por lo que es probable que la historia de estas pocas empresas contribuya a desarrollar y alimentar el balance de capacidades de explotación y exploración, necesarias para sostener e incrementar las estrategias prospectivas e innovar nuevas formas organizacionales (Lewin, Long, Carroll, 1999).

La planeación estratégica también maneja el balance en diferentes niveles (March, 1991), es decir, plantear una estrategia de exploración y explotación en todos los niveles. En la idea de encontrar cual es el equilibrio óptimo entre las actividades de exploración y explotación, Nootboom (2000) propone un el ciclo heurístico de descubrimiento, al cual lo presenta como una forma de resolver el debate exploración /explotación.

De esta forma, encontrar el balance adecuado no es una tarea fácil a pesar de ser un factor vital para la sobrevivencia y prosperidad de la organización en el corto y largo plazo, en este sentido, la capacidad para balancear la exploración y explotación es talvez uno de los mayores retos y tarea más importante para los directores y los que desarrollan política tecnológica.

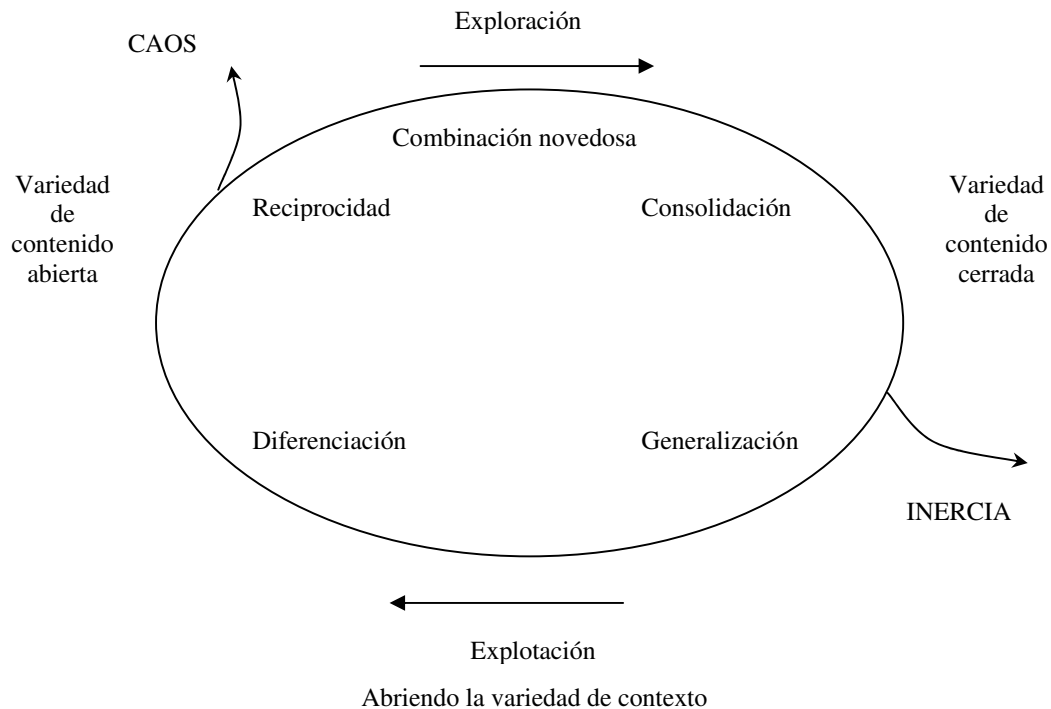
2.3 Ciclo de exploración/explotación

Apoyándose en los trabajos de Nootboom (2000) y Gilsing y Nootboom (2006) se desarrollan los aspectos principales bajo los cuales Nootboom se basa para responder la interrogante sobre cómo solucionar el debate exploración/explotación, mediante la propuesta de una heurística del descubrimiento.

De esta forma, la heurística del descubrimiento es una propuesta que aplica a todos los niveles: personas, organizaciones y sistema de innovación. Es un intento de explicar las diferencias y la relación entre innovación radical e incremental; entre exploración y explotación: entre segundo orden (double-loop o arquitectural) de aprendizaje y primer orden (single-loop o paramétrico) de aprendizaje.

Como se ha mencionado anteriormente, el balance entre actividades de exploración y explotación involucra un proceso de distribución de recursos, por lo que se va modificando no solo con respecto a sus valores esperados sino también con respecto a su dinámica, su ritmo, y distribución dentro y fuera de la organización.

Figura 2.1) Ciclo de explotación y exploración



Fuente: Nooteboom B. (2000), pp. 184

De esta forma, el principio central es que las ideas, intuiciones, rutinas, tecnología, primero se consolidan en las mejores prácticas o diseño dominante, lo cual sirve como un prototipo para su aplicación y variación en diferentes contextos. Esto pone en evidencia los límites de su validez así como el potencial para aplicaciones en combinaciones novedosas, las cuales rompen con las estructuras existentes. Esto conduce al siguiente ciclo de convergencia para un diseño dominante. En otras palabras, hay una alternancia de variedad de contenido y variedad de contexto.

El proceso se caracteriza por una alternancia de variedad de contenido y variedad de contexto. En la consolidación, la variedad de contenido está cerrada para permitir la producción eficiente y un claro paradigma como una plataforma para la generalización.

Esto abre la variedad de contexto, el cual proporciona nuevas percepciones hacia lo inadapado y hacia las necesidades y oportunidades para la adaptación.

Después de la consolidación el desarrollo puede terminar en inercia, a causa de la falta de incentivos u oportunidades para la generalización o diferenciación. En la etapa de combinación novedosa, estas pueden no fijarse o consolidarse y podrían quedarse en un irresuelto caos de pruebas, errores e inadaptaciones en curso que pueden conducir a la desaparición del desarrollo.

2.3.1 Consolidación

La consolidación resulta de la tendencia hacia estandarizar las operaciones, aplicaciones y procesos productivos, y ser eficiente, es decir, cualquier campo tecnológico, organización, conocimiento y lenguaje se consolida en prácticas estándares, las cuales proporcionan las bases para una eficiente explotación.

La frecuencia y velocidad con que se da la eficiencia y estandarización dependen de las presiones competitivas, es decir, conforme las patentes caducan, la novedad se difunde y las capacidades involucradas llegan a ser menos tácitas y más imitables, la competencia se incrementa y presiona hacia una producción más eficiente, mediante la utilización de economías de escala y alcance.

Las economías de escala demandan expansión, lo cual implica división y especialización de la mano de obra en los diferentes eslabones de la cadena de producción y distribución. Esto requiere sistematización y estandarización, lo cual involucra que el conocimiento tácito sea codificado en documentos (Nonaka y Takeuchi, 1995) para su eficiente incorporación en estándares, especificaciones y procedimientos.

El resultado de la consolidación sirve como plataforma para la expansión y nuevas aplicaciones, por lo que se argumenta que esta expansión llamada generalización, provee las bases de la exploración, mediante la acumulación de experiencia como insumo para la

siguiente novedad. Por un lado, en la consolidación parte del conocimiento tácito se codifica y por el otro se incorpora nuevo conocimiento tácito resultado de las experiencias en contextos novedosos. Esto es necesario para la eficiente transferencia de conocimiento y explotación en nuevos contextos.

Un ejemplo de esto, es la invención británica en el siglo XVI, sobre el dibujo técnico y escritura de especificaciones en la construcción de barcos. Esto permitió la aplicación del conocimiento tácito a la construcción de barcos. Además permitió aclarar los contratos con los astilleros, reduciendo los costos de transacción y capacitación a los diseñadores y fabricantes.

2.3.2 Tenacidad

Como se ha mencionado, la consolidación es necesaria para la eficiente explotación y generalización, pero también puede desembocar en un efecto *lock in* o inercia. Esto tiene un efecto negativo, no permitir el paso a la siguiente novedad, además de no ser recomendable reemplazar las prácticas antes de conocer sus limitaciones y posibilidades.

La idea básica es que antes de reemplazar cualquier práctica, primero se necesita evaluar su potencial en un rango de aplicaciones y en una variedad de contextos, con el propósito de descubrir los límites de su validez y reunir información que sugiera cómo cambiar y que elementos preservar en su aplicación a nuevas prácticas.

De esta forma, la inercia es necesaria para coordinar y controlar la eficiente explotación, de igual forma, representa el principio de tenacidad: la necesidad de preservar los principios existentes a fin de averiguar donde y por que fallan y cómo ellos podrían ser reemplazados, como una contribución a la exploración.

El principio de tenacidad busca una base para el cambio mediante la búsqueda de aplicaciones en contextos novedosos, que puedan desembocar en ideas claras, oportunidades y conducir a un cambio radical, a esto se le llama el principio de

generalización. Así, la combinación de tenacidad y generalización reconcilia a la explotación y exploración.

2.3.3 Generalización

Una forma de explorar los límites de la validez de una práctica existente y al mismo tiempo sobrevivir mediante la explotación de los recursos disponibles, es generalizar las aplicaciones de las prácticas a nuevos contextos. En este sentido, la consolidación provee las bases para la generalización, es decir, llevar las prácticas a contextos novedosos, sin embargo, también debe existir la suficiente flexibilidad que permita hacer adaptaciones.

De esta manera, surge el diseño dominante como un prototipo al que se le permiten ligeras modificaciones conservando en todo momento su identidad. En esta idea, uno de los objetivos en esta etapa es conducir a la explotación de forma tal que permita la optimización de los beneficios y la incorporación de los siguientes elementos del descubrimiento:

- Primero, ideas claras sobre los límites de las prácticas presentes.
- Segundo, identificar los elementos de las prácticas actuales que puedan ser utilizados en combinaciones novedosas.
- Tercero, elementos de prácticas vecinas con las cuales puedan ser combinados con una idea de manejabilidad y nueva utilidad.
- Cuarto, tener en claro los principios mediante los cuales estos elementos pueden ser combinados con una razonable probabilidad de éxito en la utilización de su potencial.

Para este propósito, es necesaria una variedad de contexto, es decir, se necesita trasladarse de un contexto de aplicación a otro en forma tal que, el siguiente contexto novedoso sea lo suficientemente cercano para permitir una viable explotación y lo suficientemente diferente que proporcione pruebas y nuevas ideas.

En el marco de los negocios, un bien generalizado puede ser la introducción de un producto ya existente a nuevos segmentos del mercado o mercados extranjeros, para el caso de una práctica puede ser su introducción a nuevas condiciones tecnológicas de producción, nuevas formas organizacionales y de gobernanza, nuevos sistemas de distribución, etc. Así, las diferencias de contexto podrían sugerir modificaciones, las cuales conducirán a la diferenciación.

Un ejemplo de generalización es la aplicación del radar, ya que no solo se aplico a la detección de aviones enemigos, sino también en un amplio rango de equipos bélicos como en la artillería de portaaviones para la detección de submarinos, se adaptó en aeroplanos para detectar objetivos y control a distancia, después de la guerra se utilizó en el teléfono, televisión, controles remoto caseros y manejo de datos.

2.3.4 Diferenciación

Como parte de la movilidad a través de una variedad de contextos, las prácticas suelen ser diferenciadas para ajustarse a los nuevos ambientes, o pueden presentarse nuevas oportunidades de mejora. En otras palabras, uno debe ajustarse a la diversidad de combinaciones de insumos, herramientas, capacidades de las personas, aceptación de productos, etc.

Nooteboom (2000), llama diferenciación al proceso de ampliar en diferentes versiones y extensiones de la novedad con incrementos de la variedad a las prácticas y productos ya existentes. Una forma de diferenciación consiste en modificar elementos de una práctica existente a versiones novedosas para un nuevo contexto, y el éxito de esto depende de la creatividad de las personas involucradas para resolver un problema, y sobre la comunicación y cooperación entre ellos.

Un ejemplo de diferenciación es el caso del radar al incorporar a las microondas en su proceso de emisión el cual permitió un rango de aplicación dentro de una gama de pequeños equipos y aparatos (Voort, 1999), otro ejemplo, es la diferenciación del diseño de

los barcos alemanes, en el siglo XVI había 39 diseños distintos para diferentes propósitos (Vries and Van der Woude, 1995).

2.3.5 Reciprocidad

Una más amplia y más distante forma de adaptación es adoptar elementos de prácticas externas encontradas en nuevos contextos. Su éxito, obviamente involucra tener elementos en común (insumos, productos, formas de hacer las cosas) y servir a mercados similares. La transferencia también se puede dar en la otra forma, elementos de prácticas existentes son transferidas a una actividad foránea encontrada en el nuevo contexto.

Un ejemplo fue la invención de la carraca y carabela en la península ibérica. Estos barcos eran una combinación de navíos tradicionales árabes y europeos que brindaban una mejor maniobrabilidad y velocidad, fueron los primeros en dejar de navegar en el mar Mediterráneo para hacerlo con mayor seguridad en aguas abiertas del océano Atlántico²². El molino de viento es una reciprocación entre el molino de agua, el cual proporciono la tecnología de la flecha horizontal, transmisión, engranes y el barco como un instrumento para usar al viento como fuente de propulsión (Mokyr, 1990).

Finalmente la transferencia de un elemento de un concepto a otro se denomina reciprocidad. La diferenciación y tal vez la reciprocidad pueden ser vistas como innovaciones incrementales, pero que pueden conducir a innovaciones radicales. Un ejemplo puede ser el caso Henry Ford, él cual adopto la idea del ensamble en línea, proveniente del llenado de cajas por deslizamiento de las órdenes de correo utilizado por las oficinas u organizaciones.

2.4 Implicaciones y vulnerabilidad de la exploración y explotación

Cabe agregar que toda teoría presenta fortalezas y debilidades, al igual que algunas implicaciones, y la que se presenta en este caso no es la excepción, por lo que en este

²² http://es.wikipedia.org/wiki/Era_de_los_Descubrimientos

apartado se muestran algunas implicaciones y elementos que fortalecen y debilitan a las relaciones en términos de exploración y explotación.

2.4.1 Explotación

La explotación inicia cuando la variedad de contenido, proveniente de la exploración, es reducida en la consolidación hacia un diseño dominante. Como resultado de reducir la incertidumbre, la demanda se incrementa, y nuevos productores entran al mercado. En la industria manufacturera, la atención cambia de un enfoque sobre la innovación de productos a innovación de procesos.

Nuevos entrantes ejercen presión sobre el precio y obligan a la competencia a producir y distribuir con mayor eficiencia. Por tanto, en la búsqueda de la producción eficiente, se da un incremento de escala en la producción, división de la mano de obra asociada con la necesidad de especialización.

Como una consecuencia, la variedad disminuye y el enfoque del aprendizaje cambia entre empresas a *single loop*, es decir, aprender a hacer mejor las cosas existentes y de forma más eficientemente. Esto involucra adaptaciones menores al producto, mejoras al proceso y un incremento en la especialización que requiere conocimiento más específico.

2.4.1.1 Implicaciones de la explotación para la red de innovadores

Cuando la novedad se consolida en diseño dominante, el conocimiento se codifica permitiendo una mayor difusión. Las relaciones llegan a ser más distantes y menos personalizadas, la codificación del conocimiento incrementa el riesgo de *spillover*. Surge la necesidad y bases para una gobernanza más formal (Nooteboom, 2004), es decir, hay más información, resultados y oportunidades para realizar contratos específicos y monitoreo.

La rigurosidad de los requerimientos técnicos e incremento de la codificación de información reducen la incertidumbre y aumentan la especialización. Así, surge una

governancia más formal que identifica a las relaciones que son fuertes en algunos aspectos y débiles en otros con la intención de disminuir las interacciones redundantes, lo que resulta en una estructura menos densa de la red.

Hay una menor necesidad de exploración de nuevas combinaciones. Con el incremento de la presión competitiva, se reduce el nivel de confianza y se crea la necesidad de contratos. Así, mientras las relaciones muestran fortaleza en términos de duración, se debilitan en términos de contacto para el intercambio de conocimiento.

2.4.2 Exploración

Para mantener la explotación se diferencian las actividades, es decir, se realizan ajustes menores a las prácticas establecidas, y las ideas en esta etapa pueden venir de experiencias previas que son recuperadas en un intento de mejorar o ajustar a contextos novedosos, y como una consecuencia la innovación es incremental y la complejidad limitada.

Cuando la diferenciación no es suficiente, o si un nuevo ambiente sugiere otras oportunidades, se necesitan cambios más profundos; en la reciprocidad, los experimentos se realizan con elementos adoptados de otros contextos, los cuales parecen tener éxito donde las prácticas locales fallan.

El buen desempeño de elementos ya implantados conduce a incorporarlos a prácticas establecidas en nuevos contextos, o adoptar prácticas de estos novedosos ambientes e incorporarlos a las actividades ya establecidas. Esto permite experimentar con nuevos componentes, probar su potencial mientras los diseños básicos empiezan a ser cuestionados.

Una vez que estas prácticas híbridas inician, se da una disminución de los ingresos, inconsistencias y complejidad agregada, por lo que en esta fase de nuevas combinaciones, también se requiere de una reconfiguración radical de los viejos sistemas de exploración que ya no son consistentes con la novedad naciente.

2.4.2.1 Implicaciones de la exploración para la red de innovadores

La novedad por definición es incierta y de difícil pronóstico, por lo que se argumenta que la seguridad contractual es una problemática en la etapa de innovación, debido a la complicación para monitorearla. En este sentido, argumenta Nooteboom (2000) que, aparece el contrato como una señal de desconfianza para disminuir el oportunismo, especialmente cuando las relaciones son informales y coordinadas por mecanismos como normas sociales y reputación.

En esta situación, el oportunismo y el robo son inciertos, la incertidumbre es compartida por toda la red y restringida por la posibilidad de represalias y la pérdida de futuras opciones de colaboración. Como un resultado hay mutua inseguridad, concerniente a la tecnología, productos, mercados y opciones en futuras relaciones. Todo lo que se hace y permite, es apostar a la honradez, la cual puede ser recíproca y autosostenida.

Esta gobernanza informal requiere una masa de interacciones cercanas, debido al poco conocimiento codificado, así, la densidad de la red se incrementa para proporcionar mecanismos de reputación, necesarios en vista del escaso control contractual. Adicionalmente la confianza se necesita para construir el mutuo entendimiento, sin embargo, la duración no debe ser demasiado larga por dos razones:

- Primero, no debe inhibir la constante reconfiguración de relaciones para permitir la exploración de novedosas combinaciones.
- Segundo, la duración puede conducir a mucha identificación en la reducción de la distancia cognitiva, matando al potencial aprendizaje (Nooteboom, 2000; Wuyts et al., 2005).

Tabla 2.2) Características principales de exploración y explotación	
Exploración	Explotación
Capacidades	
Innovación radical	Innovación incremental
Tecnología orientada	Productos y procesos orientados
Experimentación con combinaciones novedosas	Experimentación en la organización
Conocimiento tácito	Conocimiento codificado
Governancia	
Spinoffs, nuevos entrantes	Entrada por incumbencia
Débiles alianzas	Alianzas formales, adquisiciones
Uso limitado de contratos	Contratos
Relación basada en la confianza	Instituciones basadas en la confianza
Redes	
Redes densas y abiertas	Redes exclusivas y débiles
Relaciones flexibles e informales	Formalización
Tamaño limitado, elevada entrada y salida	Estabilización
Localmente comprometida	Delocalización
Fortaleza de las relaciones	
Alta frecuencia de interacciones	Baja frecuencia de interacción
Corta duración	Larga duración
Mayor franqueza	Franqueza limitada
Procesos transicionales	
Divergencia en conocimiento y organización	Convergencia en conocimiento y organización
Variedad a través de la separación de redes existentes y nuevas relaciones con foráneos	Selección por el ambiente institucional

Fuente: Gilsing y Nooteboom (2006); pp 6.

Las inversiones específicas son recuperadas, en su mayoría, sobre la base de la frecuente interacción la cual, también es necesaria en vista del amplio rango de temas que se pueden involucrar en una relación, además de construir confianza en la relación específica.

2.4.3 Vulnerabilidad de la relación exploración/explotación

Se argumenta que la heurística planteada es la mejor forma de explorar mientras se mantiene la explotación, sin embargo, las etapas pueden traslaparse, es decir, puede haber generalización durante la consolidación, explotación o nuevas combinaciones durante la reciprocación, aún pueden ser saltadas o mantenidas.

Haciendo uso de equipos de cómputo se pueden incorporar programas de simulación en pruebas y construcción de prototipos, por lo que virtualmente se pueden representar las etapas de generalización y diferenciación, y en ese sentido saltar el proceso de buscar variaciones novedosas.

El ciclo de exploración-explotación no es automático pues existen barreras que si no se salvan se corre el riesgo de caer en la inercia o el caos por ejemplo, contingencias externas como: la estructura organizacional, cultura, falta de talento en las personas y grupos de trabajo que puedan bloquear la transición a la siguiente etapa.

La consolidación puede ser limitada a causa de alternativas persistentes de lado a lado. La generalización puede ser obstruida a causa de algún monopolio que mantiene la exclusividad o por la falta de acceso a contextos diferentes. La diferenciación y reprecidad pueden ser bloqueadas por la insuficiente motivación o capacidad para modificar una práctica existente.

El mutuo aprendizaje y la división de los recursos entre exploración y explotación afecta a las lecciones aprendidas en el tiempo y en el espacio, es decir, involucra conflictos concernientes entre corto y largo plazo en donde la distribución de ganancias entre conocimiento individual y colectivo tiene menos certidumbre y efectos más difusos que las mejoras incrementales de los ya existentes en el largo plazo.

El mutuo aprendizaje conduce a una convergencia entre las creencias organizacionales e individuales y esta coincidencia es útil tanto para las organizaciones como para los individuos, sin embargo, la mayor amenaza radica en la posibilidad de que los individuos se ajusten a un código organizacional antes que el código pueda aprender de ellos.

La competencia por terminar cerca del líder genera dificultades para definir y arreglar un balance apropiado entre exploración y explotación en el marco organizacional. De esta forma, una buena base de conocimiento incrementa el desempeño promedio que a su vez

puede ser insuficiente para sobreponerse a efectos adversos producidos por la reducción en la variabilidad (March, 1991).

2.5 Conclusiones

Después de presentar la trayectoria histórica en torno a la controversia exploración/explotación, y la descripción de los elementos de debate así, como la discusión en torno al balance entre prácticas de exploración y explotación para mantener la vigencia de las organizaciones en el corto y largo plazo.

Se introdujo la heurística del descubrimiento (ciclo exploración/explotación) como herramienta que combina de manera congruente y lógica a las prácticas asociadas a exploración y explotación. De esta forma se describió minuciosamente cada una de las fases que conforman al ciclo. Posteriormente se mencionaron algunas implicaciones de la exploración y explotación en la red de innovadores.

De esta manera, regresando a las preguntas iniciales ¿Cuál es la relevancia que tiene el debate exploración/explotación? ¿Cual es la postura teórica que da solución al debate y en que consiste? ¿Cual es la implicación y vulnerabilidad que tiene la exploración y explotación en las interacciones?

La información presentada responde a las preguntas conductoras de este capítulo, y es utilizada para comprender la relevancia que tiene el balance del debate exploración/explotación, ya que permite entender el grado de especialización de las interacciones en términos de actividades de exploración y explotación.

La información presentada, es utilizada junto con la obtenida en el capítulo uno para conectar una serie de ideas que resultan en una matriz que permite determinar el grado de tensión, en términos de exploración/explotación, que existe en un proceso coevolutivo y que es utilizada en el capítulo nueve.

En este sentido, ante la incertidumbre de que las situaciones extremas muestran panoramas desoladores en cuanto a términos de innovación y sobrevivencia de las organizaciones, ya sea en el corto o largo plazo y a pesar de la fortaleza que muestra la heurística del descubrimiento para solucionar el debate entre exploración/explotación, el ciclo presentado queda en solo una herramienta que nos brinda una mayor probabilidad de éxito.

También puede ser utilizado como un parámetro de referencia para evaluar en términos de elementos cualitativos, cuanta exploración y explotación se requieren para desarrollar las diferentes etapas que conducen a la novedad, según el ciclo planteado. Así, queda claro como esta heurística regula la intensidad de los diferentes elementos de debate, en función de las implicaciones que éstas puedan generar en diferentes rubros

Capítulo 3

Metodología

3.1 Selección de la estrategia de investigación

3.2 Diseño de la investigación

3.2.1 Objetivo de la investigación

3.2.2 Pregunta de investigación

3.2.3 Hipótesis de investigación

3.2.4 Unidad de análisis

3.2.5 Propuesta teórica

3.2.6 Unión lógica de la proposición teórica con los datos

3.3 Protocolo para el estudio de caso

3.4 Recopilación de datos y fuentes de información para el estudio de caso

3.5 Análisis de la evidencia obtenida

Tabla 3.1) Resumen de entrevistas

Tabla 3.2) Elementos característicos de las capacidades metrológicas del CENAM

Tabla 3.3) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM

Capítulo 3

Metodología

El propósito de toda investigación es encontrar respuestas a dudas e interrogantes y para esto generalmente se hace uso de procedimientos científicos (Selltiz *et al*,1973), con la intención de aumentar el grado de certeza, fiabilidad y objetividad de la información recopilada, además de validar su pertinencia en el interés de responder a la interrogante que se estudia, sin embargo, esto no es sinónimo de encontrar una verdadera solución a la problemática planteada.

En contraste, las ciencias sociales por ser una disciplina que comprende distintas áreas y formas de análisis en donde se pueden encontrar elementos con cierto grado de subjetividad, existen múltiples métodos para su estudio y análisis, así como diferentes procedimientos para recopilar y obtener información útil que ayude a responder la interrogante de investigación.

Así, dentro del abanico de opciones metodológicas enfocadas a investigaciones dentro del campo de las Ciencias Sociales, Yin (1994) plantea cinco estrategias de investigación en esta dirección, las cuales son: experimentos, investigaciones, análisis de archivos, historias y estudios de caso, en donde cada estrategia se asocia a una forma establecida o estructura de la pregunta de investigación.

3.1 Selección de la estrategia de investigación

La relevancia de la correcta selección de la estrategia de investigación descansa en que proporciona dirección, y debe permite asociar o empatar tareas y actividades que de inicio parecen aisladas, conduciéndolas hacia un propósito común e integrado (Patton, 1990). Adicionalmente, Yin (1994) enfatiza en que debe existir una correspondencia entre pregunta y estrategia de investigación, de esta manera la definición de la metodología debe ser la adecuada para llevar a buen término la indagación.

En este sentido, para alcanzar los objetivos del presente trabajo se considera al “estudio de caso” como estrategia metodológica para guiar a la presente investigación desde su diseño hasta la presentación de los resultados. La decisión descansa, en que esta estrategia brinda la suficiente flexibilidad y grados de movilidad dentro de las diferentes fuentes de información y además permite obtener datos suficientes para validar la hipótesis de investigación. De esta forma, se presentan algunos elementos que avalan el uso confiable del estudio de caso como estrategia de investigación (Yin, 1994):

- En el estudio de caso el investigador suele adquirir una percepción más completa del objeto, cuyos atributos se entienden en su totalidad cuando se examinan simultáneamente, en otras palabras: el objeto se ve como un todo, además permite analizar con mayor profundidad que los estudios estadísticos.
- Otra razón es que el objeto de estudio es tan complicado que el investigador debe centrarse en una situación²³ para identificar sus múltiples atributos y relaciones complejas con el contexto.
- Su ámbito de aplicación está bien definido: estudia temas contemporáneos sobre los cuales el investigador no tiene control y responde a preguntas de tipo "cómo" y "por qué"²⁴, lo cual valida la relación y congruencia entre la pregunta de investigación y la estrategia metodológica.
- También se caracteriza por permitir el descubrimiento de nuevas relaciones y conceptos que facilitan la comprensión del fenómeno que se está estudiando.

²³ Según Bell (2002) el estudio de caso permite concentrarse en una situación concreta para identificar los diversos procesos interactivos que intervienen en esa situación.

²⁴ Según Yin (1994), las preguntas que responden a los cuestionamientos de “cómo” y “porque” son preferidas para conducir los estudios de caso como estrategia de investigación ya que se enfocan a eventos de actualidad, pues tales preguntas tratan con eventos cambiantes en el tiempo, es decir, capturan las características del fenómeno que interesa responder.

- La fortaleza de esta estrategia sobre otras es su flexibilidad para tratar con una gran diversidad de fuentes de información y evidencia tales como: documentos, artefactos, entrevistas y observaciones.

3.2 Diseño de la investigación

Yin (1994) define al diseño de la investigación como la secuencia lógica que vincula a la evidencia empírica con la pregunta de investigación y posteriormente éstos con las conclusiones. Grunow (1995) agrega que el diseño de la investigación es una parte importante y de gran peso en el trabajo de tesis, ya que un buen diseño, equivale a una mayor contribución y mejores resultados, además es visto como una herramienta importante para la planeación, sustentación y guía en los procedimientos de investigación.

A este respecto Yin (1994) plantea que existen cinco puntos importantes que deben considerarse para todo diseño de investigación,

1. Pregunta de investigación
2. Propositiones teóricas
3. Unidad de análisis
4. Unión lógica de los datos con las proposiciones
5. El criterio para interpretar los hallazgos

Y por otro lado Colin (2002) plantea en forma de preguntas cinco componentes importantes que se deben tener en cuenta en el momento de realizar el diseño de la investigación:

1. Propósito (s): ¿Que estudio se trata de lograr? ¿Por que se esta haciendo? ¿Se busca describir, explicar o entender algo?
2. Teoría: ¿Que teoría o información guiará el estudio? ¿Como entender los hallazgos? ¿Que estructura conceptual unirá a los fenómenos que estas estudiando?

3. Pregunta de investigación: ¿Que pregunta articulará la investigación? ¿Que se necesita saber para lograr el propósito de estudio? ¿Que recursos y tiempo se dispone para realizarla?
4. Método: ¿Que técnica específica se utilizará para recopilar los datos? ¿Como los analizaras? y ¿Como probaras su validez?
5. Estrategia de obtener muestras: ¿De quien buscaras datos?, ¿Donde y cuando? ¿Como balancearas la necesidad de ser selectivo con la necesidad de recopilar los datos requeridos?

Para estructurar el diseño de la investigación, se parte de las propuestas planteadas por Yin (1994) y Colin (2002), de las cuales se extraen algunos elementos complementarios para estructurar el diseño de la presente investigación en siete puntos:

1. *Objetivo de la investigación*: se considera al objetivo de la tesis, ya que éste indica lo que se pretende obtener y además da la pauta para identificar las necesidades que se necesitan entender para alcanzar dicho fin.
2. *Pregunta de la investigación*: se estima la pregunta de investigación, pues es la que articula la investigación y permite plantear los microelementos necesarios para responderla.
3. *Hipótesis*: la hipótesis de investigación es una directriz en el sentido de recopilar evidencia para su demostración o rechazo.
4. *Unidad de análisis*: se integra la unidad de análisis, debido a que la observación y análisis del objeto de estudio, permite identificar a los atributos de interés asociados a la variable(s) en función de la cual se encuentra la respuesta a la pregunta de investigación.

5. *Propuesta teórica*: se toma en cuenta a la teoría planteada en el marco teórico (Cap. 1 y 2), pues es el punto de referencia a partir del cual se medirán las variables y además, son los lentes a través de los cuales se puede ver el dominio de la investigación.
6. *Unión lógica de la proposición teórica con los datos obtenidos*: se considera la propuesta de Yin (1994) acerca de plantear la unión lógica de la proposición teórica con la obtención de resultados.
7. *Criterio para interpretar y analizar los hallazgos*:

3.2.1 Objetivo de la investigación

Analizar la coevolución de las capacidades metrológicas del CENAM y el Sistema Metrológico Nacional en relación a las necesidades de los usuarios del sector automotriz en el periodo 1994-2005.

3.2.2 Pregunta de Investigación

¿Como ha sido el proceso de coevolución de las capacidades metrológicas del CENAM y Sistema Metrológico Nacional en relación a las necesidades de los usuarios del sector automotriz?

3.2.3 Hipótesis

Se plantea que la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM y Sector Automotriz responde a un proceso coevolutivo.

3.2.4 Unidad de análisis

Cada unidad de análisis se asocia con un diseño de investigación y una estrategia para la recolección de información (Yin, 1994). En esta idea, Patton (1990) argumenta que para una apropiada definición de la unidad de análisis, se debe tener en mente el punto o unidad sobre lo que se quiere discutir al final de la investigación. Además, la unidad está vinculada con la exactitud de la pregunta de investigación, es decir, la pregunta de investigación conduce a definir la unidad de análisis y ésta a delimitar el tamaño de la muestra.

Para este caso en particular la discusión con la que se pretende concluir es en torno al cambio de las capacidades metrológicas del CENAM-SMN y usuarios del sector automotriz, como resultado de la interacción entre los agentes involucrados. Teniendo como elementos de cambio a una combinación de atributos asociados a prácticas de exploración y explotación.

Esta situación sugiere que para este caso en particular la unidad de análisis es “la relación o interacción entre el CENAM y los usuarios correspondientes al sector automotriz”. A dichas interacciones bajo ciertos criterios se les analizará, asignará una categoría y concluirá en términos de la combinación de exploración y explotación como una medida de las capacidades metrológicas.

3.2.5 Propuesta teórica

La relevancia que tiene la propuesta teórica planteada en el marco teórico (Cap. 1 y 2), es de suma importancia, pues es el punto de referencia a partir del cual se medirán las variables en función de los atributos asignados a las mismas y además, es la que delimita el dominio de la investigación.

3.2.6 Unión lógica de la proposición teórica con los datos

El diseño de la investigación debe proponer los elementos fundamentales en torno a los cuales se va a realizar el análisis de la evidencia encontrada, esto implica, que además de su descripción, se realice la unión lógica entre la proposición teórica planteada y los datos encontrados como producto del seguimiento de la unidad de análisis

Considerando que el objetivo es analizar la coevolución de las capacidades metrológicas entre el CENAM y las necesidades de los usuarios del sector automotriz, es necesario considerar el tipo de proceso coevolutivo bajo el cual se realiza la interacción, en este sentido, bajo ciertos rasgos característicos de la interacción y los procesos coevolutivos se inserta a la relación en una tipología, es decir, se le asigna una categoría.

Una vez identificado el proceso de coevolución, lo que hace falta es medir el nivel de tensión generado por la interacción, es decir, el grado de combinación de actividades de exploración y explotación asociadas a la interacción, y para esto se toma como base al ciclo de exploración-explotación planteado por Nootboom (2000), el cual clasifica a los términos y actividades asociadas a exploración y explotación en cuatro categorías según la fase del ciclo y estas son: consolidación, generalización, diferenciación y reciprocidad, las cuales se encuentran definidas en el marco teórico.

Siguiendo la lógica recomendada, se considera valido plantear un algoritmo que permite dar seguimiento y validar a la secuencia lógica seguida en la determinación de las capacidades metrológicas, en otras palabras, permite ver el proceso por el cual pasan los datos obtenidos para obtener como producto final el nivel de capacidades metrológicas.

Sea:

CM: Capacidades metrológicas

Er: Exploración

Et: Explotación

I: Interacción

C: Consolidación

G: Generalización

D: Diferenciación

R: Reciprocidad

dnc: Desarrollo de nuevas cosas

uec: Uso eficiente de capacidades existentes

Entonces:

$$CM = f(I)$$

$$I = f(Er \text{ vs } Et)$$

$$Er \text{ vs } Et = f(\text{Ciclo } Er \text{ vs } Et)$$

Por tanto:

$$CM = f(Er \text{ vs } Et) = f(\text{Ciclo } Er \text{ vs } Et)$$

Pero como:

$$\text{Ciclo } Er \text{ vs } Et = f(C, G, D, R); \text{ y}$$

$$dnc \approx Er$$

$$uec \approx Et$$

$$\text{Ciclo } Er \text{ vs } Et \approx f(dnc \text{ vs } uec) \approx f(C, G, D, R)$$

Finalmente:

$$CM = f(C, G, D, R)$$

3.3 Protocolo para el estudio de caso

El protocolo es una guía que se debe seguir en la investigación, la cual contiene los procedimientos generales a proseguir con el propósito de sistematizar el proceso de obtención de información y evidencia para el caso de estudio. El protocolo para este estudio de caso, tiene el siguiente contenido:

1. Preparación para la visita inicial
 - i. Previa revisión del estado del arte
 - ii. Confirmación de la cita y acceso al centro
 - iii. Presentación personal

- iv. Presentación general del proyecto
- v. Escuchar peticiones del centro

2. Formalización del proyecto

- i. Breve presentación del proyecto
- ii. Ajuste del proyecto en acuerdo de ambas partes
- iii. Formalización del proyecto

3. Planeación de la recolección de información

- i. Definir la unidad de análisis
- ii. Definir potenciales variables a medir
- iii. Preparación de las entrevistas para personal con funciones²⁵:
 - Directivas
 - Administrativas
 - De investigación
- iv. Prueba piloto de las entrevistas
- v. Realización de las entrevistas

4. Análisis de la evidencia

- i. Revisión de otras fuentes de información
- ii. Valoración de la información obtenida
- iii. Interpretación de datos
- iv. Redefinición de variables

3.4 Recopilación de datos y fuentes de información para el estudio de caso

Para obtener los datos e información contenida en el trabajo se usaron múltiples fuentes de evidencia con la finalidad de encontrar y realizar conexiones con la información adquirida.

Las principales fuentes que se consideraron son:

²⁵ Se hace una reestructuración de los cuestionamientos con el objetivo de obtener información o impresiones, a distintos niveles sobre el mismo objeto de estudio.

- La base de datos del Instituto Federal de Acceso a la Información Pública.
- Información de la *Web*, principalmente de la página del CENAM y SIMET²⁶ entre otras.
- Diferentes *journals*, revistas internacionales y publicaciones del CENAM.
- Observación directa, en las instalaciones del centro y en el foro del sector automotriz en la ciudad de Puebla.
- Se realizó una entrevista múltiple a las siguientes personas:

Tabla 3.1) Resumen de entrevistas:		
Entrevistado	Puesto	Duración
Lic. Guadalupe Rivera	Consultor Generalista MESURA	270 min.
Dr. Salvador Echeverría	Director de Metrología Física	
Mtro. Benito Valganon	Coordinador MESURA	
Fuente: Elaboración propia (2006)		

3.5 Análisis de la evidencia obtenida

El diseño de la investigación contiene los fundamentos para la realización del análisis de los datos o evidencia obtenida, y en este apartado se toma en cuenta el planteamiento sobre la creación de modelos de emparejar o empatar proposiciones teóricas o categorías relacionadas, ya que la utilidad de cruzar diferentes dimensiones puede conducir a obtener nuevas situaciones inadvertidas sobre la organización de los datos y encontrar resultados que inicialmente no son claros, por lo que crear matrices es un ejercicio lógico (Patton, 1990).

De esta manera, por las características de la interacción entre los agentes, a cada una le corresponde un tipo de proceso coevolutivo con diferentes niveles de tensión entre las partes, es decir, el grado de combinación entre exploración/explotación, al cual por los diferentes grados le corresponde una fase del ciclo.

²⁶ SIMET: Sistema de Información Metrológica

Este sistema lógico, crea una nueva tipología de la información que proporciona una forma de ver y entender con mayor claridad a las interacciones. Finalmente, esta determinación será la medida de la interacción entre los agentes y se registrara en una matriz que permite hacer el cruce de la información recopilada con la teoría planteada. Por ejemplo:

Tabla 3.2) Elementos característicos de las capacidades metrológicas del CENAM			
CENAM vs	Motivo de Interacción	Proceso Coevolutivo	Grado de Relación
Agente 1	-Calibración -Soporte tecnológico	-Diversificadora	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
Agente 2	-Capacitación -Calibración -Soporte tecnológico -Evaluación -Proyectos -Desarrollos tecnológicos	-Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
Agente 3	-Calibración -Soporte tecnológico -Evaluación -Proyectos	-Difusa	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
Agente 4	-Calibración -Pruebas -Soporte tecnológico	-Mutualismo -Antagónica	-Consolidación

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente para la realización del análisis de los datos se construye una primer matriz con la intención de ordenar la información obtenida, por ejemplo, en la columna 1), se inicia identificando al agente de interacción es decir el usuario con el que interactúa el CENAM, en la segunda columna se identifican los motivos por los cuales se está dando la interacción, en la tercera columna, debido a ciertos rasgos de la relación se categoriza en alguno de los procesos coevolutivos seleccionados, finalmente en la cuarta columna, se asigna el grado de tensión de la relación de acuerdo a las características de exploración/explotación que muestra la interacción.

Finalmente para realizar el análisis o evaluación de las capacidades metrológicas del CENAM, e inferir en función de la información presentada, se construye una segunda

matriz (Tabla 3.3), la cual tiene el propósito de cruzar la información recopilada en la matriz 3.2), es decir, se relaciona de forma lógica y clara a los datos y evidencia encontrada con la propuesta teórica planteada al inicio del trabajo.

Tabla 3.3) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM				
Tipo de relación	Proceso Coevolutivo de la interacción			
	Mutualismo	Antagónica	Diversificadora	Difusa
Agente 1	-	-	-	-Consolidación -Generalización
Agente 2	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Agente 3	-	-	-Consolidación -Generalización -Diferenciación	-
Agente 4	-Consolidación	-Consolidación	-	-
Agente 5	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-

Fuente: Elaboración propia (2006)

Por ejemplo: considerando el caso del Agente 2, presentado en la tabla 3.3), se dice que el CENAM interactúa con el Agente 2 y que la interacción o coevolución de capacidades responde a un proceso coevolutivo mutualista en donde el nivel de la relación puede ir desde actividades de rutina o estandarizadas hasta proyectos de alta complejidad como podrían ser desarrollos tecnológicos conjuntos.

De esta manera, es como se empata a la evidencia obtenida con la propuesta teórica de la cual se pueden realizar una infinidad de reflexiones considerando que las características bajo las cuales se hace la categorización y el cruce de información son distintas para cada interacción.

Capítulo 4

México en la estructura internacional de la metrología y la evolución de la metrología en México

4.1 Estructura internacional de los diferentes organismos de metrología

4.1.2 Organismos que forman la Convención del Metro

4.1.3 NORAMET

4.2 La Medición en México

4.2.1 Antecedentes históricos de la medición en México

4.2.2 La época moderna

4.3 Conclusiones

Figura 4.1) Estructura Internacional en Metrología

Figura 4.2) Comités Consultivos y Comités Conjuntos

Capítulo 4

México en la estructura internacional de la metrología y la evolución de la metrología en México

Este capítulo tiene dos propósitos principales:

1. Primero, presentar y describir algunos elementos que contribuyen a entender la estructura internacional metrológica²⁷ que surge a partir de la Convención del Metro y hacer clara la relación que tiene México con dicha convención.

Las preguntas que se pretenden responder en el desarrollo de esta parte son: ¿Que lugar ocupa México dentro de esta estructura internacional metrológica que surge a partir de la Convención del Metro? ¿A que región metrológica pertenece México? ¿Cuál es el Instituto Nacional de Metrología (NMI) en México? ¿Cuáles son las funciones del Centro Nacional de Metrología (CENAM)?

Para responder a las interrogantes planteadas, la primera sección esta estructura en dos partes, la primera, presenta y describe la estructura metrológica que surge a partir de la Convención del Metro, así como la estructura regional que se origina del Comité Conjunto de la Organización Metrológica Regional y el BIPM (JCRB). La segunda parte, describe al NORAMET y CENAM como región metrológica a la que pertenece México y el CENAM respectivamente.

2. El segundo propósito fundamental de este capítulo es presentar algunos elementos que permiten reconstruir la evolución de la metrología en México, considerando el periodo que inicia desde la fundación de la Tenochtitlan hasta el surgimiento del Centro Nacional de Metrología (CENAM).

²⁷ La metrología se define como la ciencia de la medición. En el Anexo I) se presentan los antecedentes y definición del término metrología.

Las preguntas que se intentan responder en esta segunda parte son: ¿En que momento surge la metrología en México? ¿Por qué es importante contar con un centro de metrología? Para lograr este propósito, la sección se divide en dos partes, la primera, abarca desde la fundación de la Tenochtitlan hasta la década de los 70's y la segunda, desde la apertura comercial hasta los 90's.

4.1 Estructura internacional de los diferentes organismos de metrología

Los esfuerzos por obtener un sistema único de medidas, que permita realizar transacciones más eficientes y confiables, se consolidan con la formación de la Convención del Metro (1857), en donde se establece la adopción universal del Sistema Métrico Decimal. De esta forma, es a partir del Tratado del Metro que se origina la estructura internacional en metrología (Ver Figura 4.1), constituida por organismos internacionales y locales que desempeñan funciones ejecutivas, tareas científicas y tecnológicas en materia de medición.

Los Comités Conjuntos del BIPM²⁸ junto con otras organizaciones complementan la estructura organizacional bajo la Convención del Metro y se han creado para realizar tareas particulares que coordinan y validan las actividades relacionadas a la medición entre Institutos Nacionales de Metrología (NMIs) y Organizaciones Regionales de Metrología (RMOs o JCRB) en términos de Acuerdos de Mutuo Reconocimiento (MRA) (Ver Figura 4.1).

En la Figura 4.1) se incorpora un esquema de la estructura institucional metrológica a partir de la Organización Regional de Metrología derivada del BIPM, con el propósito de identificar a México y su Instituto Metrológico (CENAM) dentro de dicha organización regional, bajo la Convención del Metro (Ver Figura 4.1).

²⁸ El BIPM (Departamento Internacional de Pesos y Medidas) es una pequeña institución, pero su influencia y ayuda a los Institutos Nacionales de Metrología es ampliamente considerable. Como un cuerpo ejecutivo de la Convención del Metro tiene la meta de estandarizar universalmente a la medición, proporcionando las bases científicas y técnicas necesarias para la uniformidad y mediante la colaboración con otras instituciones y organizaciones relacionadas al mismo interés.

4.1.2 Organismos que forman la Convención del Metro

En este apartado se describen las funciones principales que realiza cada uno de las secciones de la estructura internacional de la Convención del Metro, en este sentido, para entender con claridad su relación se han asignado números entre paréntesis a cada uno de los departamentos correspondientes a la Figura 4.1), para ser utilizados como referencia en la descripción de la interrelación de cada uno de los organismos que forman la estructura general.

La Convención del Metro

La Convención del Metro (1) es un tratado intergubernamental (2) firmado en 1857, que se establece como una organización científica permanente bajo la cual se realizan acuerdos sobre la definición, supervisión y diseminación del Sistema Internacional (SI) de unidades de medición.

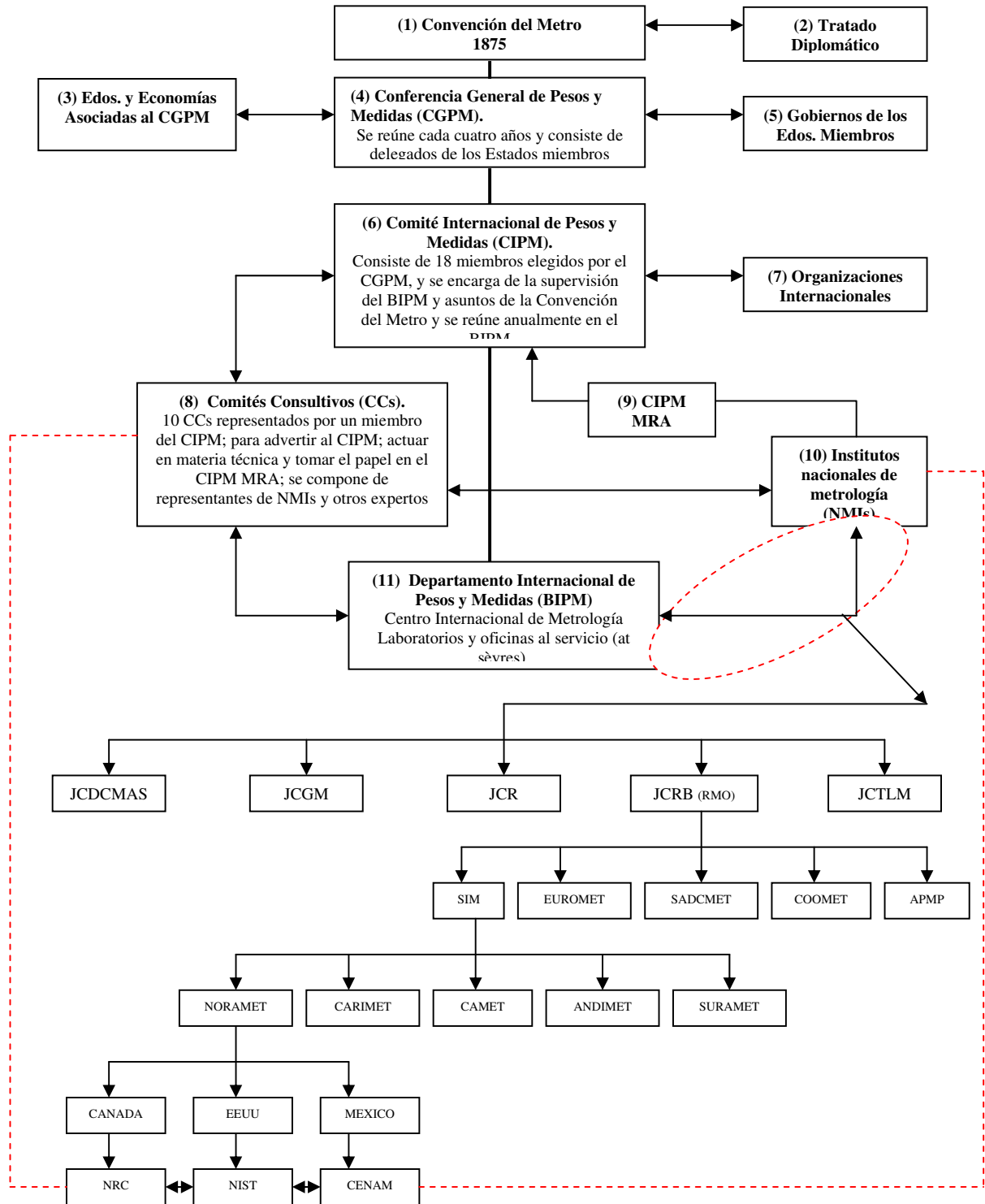
Conferencia General de Pesas y Medidas

La Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) (4) se reúne cada 4 años y esta integrada por representantes de los gobiernos de los estados miembros (5) del Tratado del Metro y los estados o economías asociadas al CGPM (3) que todavía no firman el tratado del metro. Es la máxima autoridad de la metrología científica, la que aprueba las nuevas definiciones del SI, bajo su autoridad se encuentra el Comité Internacional de Pesos y Medidas.

Comités Consultivos

Los Comités Consultivos (CCs) (8) reúnen a expertos mundiales en cada área para discutir sobre cuestiones científicas y técnicas. Tienen relación con los Institutos Nacionales de Metrología (10) y son diez (Ver Figura 4.2). Su tarea es realizar comparaciones, validar métodos, evaluar resultados y concluir sobre los resultados

Figura 4.1) Estructura Internacional en Metrología



Fuente: Elaboración propia con datos del BIPM, (2003).

Comité Internacional de Pesas y Medidas

El Comité Internacional de Pesas y Medidas (CIPM) (3) supervisa las actividades del BIPM, prepara el programa de trabajo de la Conferencia General, establece el informe anual a los Gobiernos de las Partes Contratantes sobre la situación administrativa y financiera del BIPM, crea Comités Consultivos (8) y coopera con otros organismos internacionales (7) como: CEN, IEC, ISO, etc.

Institutos Nacionales de Metrología

Los Institutos Nacionales de Metrología (NMIs) (10) son asignados por una decisión gubernamental para desarrollar y mantener estándares de medición nacional de una o más cantidades. Representan internacionalmente a su país en las relaciones metrológicas con otros institutos de la misma región o con el BIPM (11).

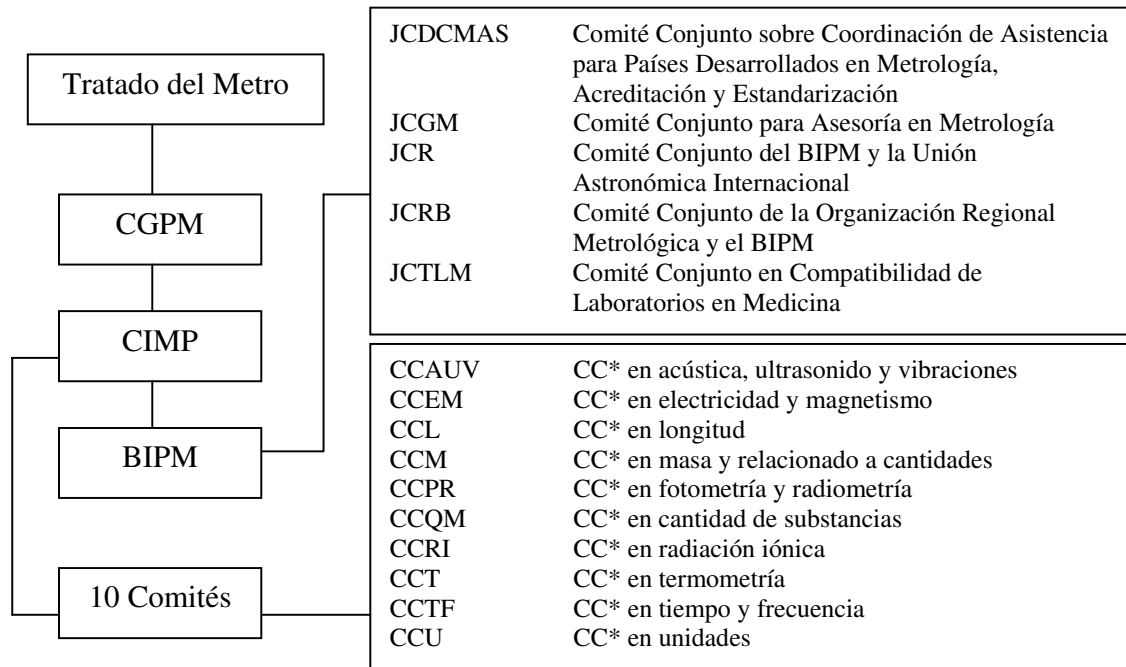
Acuerdos de Mutuo Reconocimiento

El CIPM-MRA (9) son Acuerdos de Mutuo Reconocimiento para la medición de estándares, calibración y certificación de medidas entre los NMIs (10). El objetivo es proveer a los gobiernos una base segura de acuerdos relacionados al comercio y regulaciones de asuntos internacionales. Provee reconocimiento internacional de las mediciones hechas por laboratorios de medición y pruebas acreditados.

Departamento Internacional de Pesas y Medidas

La coordinación internacional de la metrología es una de las tareas del Departamento Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) (11); bajo la dirección del CIPM (6) junto con los NMIs (10) se encarga de la difusión del Sistema Internacional de unidades, el mantenimiento de los patrones internacionales, calibración de patrones de referencia, la coordinación de intercomparaciones y publicación de la revista Metrología.

Figura 4.2) Comités Consultivos y Comités Conjuntos



Fuente: elaboración propia con datos del CENAM, 2003 y BIPM, 2003
 * Comité Consultivo (CC)

Un número de Comités Conjuntos del BIPM y otros organismos internacionales se crearon para realizar tareas específicas (Ver Figura 4.2), esto permite explotar las capacidades metrológicas existentes y emprender investigaciones en materia de medición en áreas poco exploradas. Finalmente, debido a la coordinación por el BIPM de los NMIs, se puede decir que existe una coevolución de capacidades metrológicas entre los países miembros de la Convención del Metro.

4.1.3 NORAMET

¿Cuál es el lugar que ocupa México dentro de la Convención del Metro? y ¿Cuál es el Instituto Nacional de Metrología que lo representa? Para responder a estas preguntas, se dice que el Sistema Interamericano de Medición (SIM) esta formado por cinco bloques regionales de medición en los que se divide el Continente Americano. Como muestra la

Figura 4.1), México forma parte de la zona geográfica precedida por la Organización Regional de Medición de América del Norte (NORAMET) y que es parte del SIM.

El NORAMET se establece en 1994 como una región de cooperación en estándares y servicios de medición nacional. Son miembros *the National Research Council* de Canadá (NRC), el *National Institute of Standards and Technology* (NIST) de Estados Unidos y el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México (Robertson, *et al*, 1997).

Dentro de los objetivos de este acuerdo de cooperación (NORAMET) se encuentra la optimización de recursos²⁹ y asistencia entre los miembros (Canadá, EEUU y México), así, como la mejora continua de los servicios de medición con la finalidad de hacerlos accesibles a todos los integrantes dentro de los límites acordados por las partes.

El tipo de actividades de explotación que se realizan en el NORAMET están enfocadas al establecimiento y documentación de las equivalencias en los servicios de calibración ofrecidos por los miembros, además de fomentar y promover la exploración y colaboración entre sus integrantes en nueve campos de medición:

- 1 Dimensional
- 2 Electromagnetismo de baja frecuencia Dc/lf
- 3 Electromagnetismo de alta frecuencia Hf
- 4 Radiación iónica
- 5 Mecánica
- 6 Radiación óptica
- 7 Termodinámica
- 8 Tiempo y frecuencia
- 9 Metrología en química

²⁹ Se refiere a optimizar recursos, cuando un miembro es inactivo en un servicio, otro miembro puede realizar el servicio de calibración en su país, lo que dentro del NORAMET se conoce como “servicios designados” (Robertson, A., *et al*, 1997).

Estos acuerdos de cooperación metroológica son esenciales para el eficiente intercambio comercial, científico y tecnológico entre los países miembros, ya que permiten fomentar la producción global con el establecimiento de estándares y certificación de empresas locales, lo cual permite que las empresas locales puedan incorporarse a las cadenas de proveeduría de las empresas trasnacionales.

Por otro lado, es una evidencia del incremento de las capacidades metroológicas entre los participantes de dichos intercambios, lo que finalmente se ve reflejado en la creación de una plataforma metroológica que permite a las empresas incorporarse a las economías de escala con el objeto de formar una base tecnológica que les ayude a introducirse a nuevos contextos tecnológicos.

4.2 La Medición en México

En esta sección se presentan algunos elementos que permiten reconstruir la evolución de la metrología en México, considerando el periodo que inicia desde la fundación de la Tenochtitlan hasta el surgimiento del Centro Nacional de Metrología (CENAM), basándonos en información del CENAM (2003). Para lograr este propósito, la sección se divide en dos partes, la primera, abarca desde la fundación de la Tenochtitlan hasta la década de los 70's y la segunda, desde la apertura comercial hasta los 90's.

4.2.1 Antecedentes históricos de la medición en México

En el contexto de la medición, existen antecedentes que se remontan a la gran Tenochtitlan (1325), erigida por los aztecas, quienes guiados por la necesidad de resolver problemas en distintas actividades y áreas del conocimiento, tales como: la construcción, manufactura, intercambio de mercancías, producción agrícola, etc.; supone la idea del establecimiento de ciertas medidas de referencia utilizadas en la construcción de edificios, determinación de tributos, delimitación de sus tierras y la mesuración de los objetos sujetos a transacción.

En el comercio, los historiadores coinciden en que las mercancías se vendían y se permutaban por número y medida, al igual que sus tributos, pero no hay constancia de que hayan usado pesas; en el área dimensional para medición de sus tierras, casas, templos y pirámides, la principal medida lineal mexicana correspondía a tres varas de Burgos³⁰.

Para el año de 1521 se rinde la gran Tenochtitlan y con ello toda la capacidad y conocimiento acumulado en materia de medición sufre un fuerte cambio, pues se ve sustituido por el de los conquistadores. En la época colonial, una vez consumada la Conquista y apenas transcurridos cuatro años de dominación española, Hernán Cortés³¹ dictó la ordenanza de 1525 que reglamentó y difundió las pesas y las medidas.

Con los abusos en los intercambios surge la necesidad de vigilar y estandarizar las unidades de cambio y para ello se establece personal designado en cada villa para mantener y conservar medidas utilizadas como patrones de verificación; el sistema de pesas y medidas en la época colonial se fundamenta en tres unidades básicas: la vara castellana, en longitud; la libra castellana en peso y el tiempo en segundos (CENAM, 2003).

La independencia de México no trajo grandes cambios, pues muchas instituciones coloniales sobrevivieron y otras tuvieron vigencia hasta que paulatinamente se fueron substituyendo por otras. En este sentido, en 1857 se establece el uso del Sistema Métrico Decimal Francés, sin embargo, es hasta 1883 cuando México inicia las gestiones para adherirse al Tratado del Metro³².

Así, el 30 de diciembre de 1890 México se adhiere al Tratado del Metro y se le asignan los prototipos del metro y del kilogramo, esto marca el inicio de una nueva etapa en el

³⁰ Una medida lineal mexicana correspondía a tres varas exactas de Burgos: cada una de estas equivalía a 0.838 m y la unidad mexicana a 2.514 m. (Orozco y Berra, 1960) (citado en CENAM, 2003).

³¹ Capitán General y Gobernador de la Nueva España

³² La Convención del Metro es un tratado intergubernamental firmado el 20 de mayo de 1875, en donde por acuerdo Francia es el país sede. En esta Convención se acuerdan formalmente las unidades de medición y demás temas relacionados al sistema de medición mundial, además provee las bases para formalizar acuerdos mundiales en materia de medición en el comercio, industria, ciencia, ingeniería, comunicación, seguridad, etc.

aseguramiento y confiabilidad en las medidas ya que le permite incorporarse al comercio e intercambio tecnológico entre países.

En la época revolucionaria, el gobierno mantiene latente el importante papel de la metrología en el desarrollo económico del país y como muestra de ello se adquirieron equipos de medición que formaron parte del laboratorio de metrología instalado en el edificio del Departamento de Pesas y Medidas, acto que manifestaba el interés en el aspecto legal de las pesas y de las medidas.

Sin embargo, en el caso de la metrología industrial y científica no existía la infraestructura necesaria para incursionar en ella, la práctica de la metrología legal en la década de los 70`s empezó a disminuir hasta quedar en completo abandono junto con el laboratorio; de sus actividades la industria no obtenía ya ningún beneficio, y el caos metrológico se hizo presente.

4.2.2 La época moderna

La época moderna se caracteriza por la apertura de fronteras al libre comercio, después del fracaso del modelo económico basado en la sustitución de importaciones y la necesidad de incorporarse al mercado internacional para superar la crisis económica, muchos países incorporan a la metrología como un elemento básico en su producción y competitividad tanto en el mercado interno como en el externo.

Así, con el ingreso de México al GATT³³ en 1986 y posteriormente al Tratado de Libre Comercio con Norteamérica (TLCN) en 1994, la metrología nacional sufre un fuerte impulso como parte de la infraestructura tecnológica requerida para la industria mexicana, con la finalidad de elaborar productos de calidad y hacer frente a las exigencias normativas de los países compradores.

³³ General Agreement on Tariffs and Trade; en español, Acuerdo General sobre Aranceles de Aduanas y Comercio.

De esta forma, surge el Sistema Nacional de Calibración dentro de la metrología científica nacional y dado lugar en 1991 a la instalación del Centro Nacional de Metrología (CENAM) como laboratorio primario del Sistema, sin embargo, el centro inicia sus operaciones de manera formal el 29 de abril de 1994 y con él se hace realidad la transferencia de la exactitud de los patrones nacionales.

Dentro de las disposiciones legislativas publicadas, resalta la Ley Federal sobre Metrología y Normalización³⁴ firmada el 18 de junio de 1992, que contiene una moderna regulación en materia de medición nacional, la cual tiene como finalidad privatizar algunas actividades del gobierno federal en materia de metrología, normalización, certificación, evaluación de la calidad en servicios y productos.

En este sentido, surge la *Entidad Mexicana de Acreditación* (EMA), encargada de otorgar la acreditación a las entidades, físicas o morales, para desempeñarse como laboratorios de metrología, laboratorios de prueba, organismos de certificación y unidades de verificación tanto en el campo de la metrología como en el de pruebas o ensayos de la calidad de productos o de servicios (CENAM, 2003).

³⁴ Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el primero de julio de 1992; se adicionó y reformó en 1996 y luego en 1997 estando en la presidencia del gobierno federal a cargo del Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León

4.3 Conclusiones

Luego de ver la estructura internacional que surge a partir de la Convención de Metro, y describir las principales funciones e interrelación que existe entre cada uno de los organismos que la componen, así, como la presentación de la región territorial a la cual pertenece México y las funciones de su Instituto Nacional de Metrología, que lo representa a nivel Internacional.

Es importante destacar que la información presentada en la primera parte del capítulo sirve para responder a las preguntas ¿Que lugar ocupa México dentro de esta estructura internacional metrológica, que surge a partir de la Convención del Metro? ¿A que región metrológica pertenece México? ¿Cuál es el NMI de México? ¿Cuáles son las funciones del Centro Nacional de Metrología (CENAM)?

Cabe observar que la estructura internacional de la Convención del Metro es una red encargada de solucionar todo tipo de situaciones asociadas a la medición y además, tienen la misión de realizar mediciones exactas y dar trazabilidad³⁵ a todas las regiones de las naciones miembros. Esto permite que las capacidades metrológicas se incrementen debido a que la constante interacción y acuerdos entre institutos miembros de la región, entre los que se encuentra el CENAM de México.

En esta idea, el trabajar en constante interacción con organizaciones involucradas en la metrología proporciona ventajas de carácter comercial, servicios, salud y medio ambiente entre naciones como resultado de la homologación en las unidades de medición y estandarización de los patrones de referencia.

³⁵ La trazabilidad se define como la propiedad de una medición, física o química, o del valor de un patrón, por medio de la cual estos pueden ser relacionados a referencias establecidas, en este caso los Patrones Nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones. La trazabilidad únicamente existe cuando se presentan evidencias rigurosamente científicas, continuas y apropiadas a cada aplicación, que muestran que la medición está produciendo resultados documentados con valores de incertidumbre estimados y declarados. < <http://www.cenam.mx/calibracion/otrainformacion.asp> > (08-Nov-2006).

Después de describir los cambios que se han suscitado en el campo de la medición en México durante el periodo comprendido a partir de la fundación de la Tenochtitlan hasta la década de los 90's, pasando por la época de la colonia, la independencia y la revolución. Se puede decir, que la metrología en México ha evolucionado, sobre todo a nivel institucional, es decir, desde que se identificó la necesidad de tener una referencia para determinar las magnitudes de las diferentes unidades de uso o intercambio, hasta su homologación a nivel internacional, acto que en México se inició con la adhesión al Tratado del Metro.

En este sentido la información que se presenta en la segunda parte del capítulo es de gran utilidad, ya que permite percibir la relevancia que tiene la medición en el crecimiento comercial e industrial de México en general, indistintamente del sector económico. Un ejemplo de ello es la construcción de un grupo de organismos que trabajan de forma conjunta y coordinada para dar validez a las mediciones a nivel internacional, es decir, que la medición que se realice en China, Francia, Brasil, etc. sea la misma que se realiza en México.

Finalmente, complementando las ideas que se presentan en la primera y segunda parte del capítulo, se obtiene una comprensión de mayor amplitud de lo que es y cómo se creó el CENAM de México, es decir, en primer lugar se tiene una visión externa a partir de su posición dentro de la estructura internacional de metrología como NMI y en segundo lugar una visión interna como resultado de la evolución de la metrología en México.

5. Caracterización del Centro Nacional de Metrología

5.1 Sistema Metrología-Normalización-Acreditación

5.2 CENAM

5.2.1 Objetivo

5.2.2 Funciones

5.2.3 Misión

5.2.4 Inicios

5.2.5 Infraestructura Tecnológica

5.2.6 Recursos Bibliográficos (Publicaciones)

5.2.7 Servicios que Ofrece el CENAM

5.3 Estructura del CENAM

5.3.1 Área de Metrología Eléctrica

5.3.2 Área de Metrología Física

5.3.3 Área de Metrología de Materiales

5.3.4 Área de Metrología Mecánica

5.3.5 Dirección de Administración y Finanzas

5.3.6 Dirección de Servicios Tecnológicos

5.4 Ingresos y Situación Financiera del CENAM

5.5 Servicios realizados por el CENAM (2000-2005)

5.5.1 Otras Actividades Realizadas por el CENAM

5.5.2 Proyectos Destacables Realizados por el CENAM

5.6 El CENAM y las prácticas exitosas

5.7 Limitaciones del CENAM.

5.8 Geografía de la metrología

5.9 Conclusiones

Tabla 5.1) Número de servicios de calibración que ofrecen las divisiones de las cuatro áreas tecnológicas del CENAM

Tabla 5.2) Publicaciones técnicas y otros títulos publicados por el CENAM

Tabla 5.3) Publicaciones Gratuitas¹

Tabla 5.4) Servicios que Ofrece el CENAM

Tabla 5.5) Funciones específicas y generales del área de Metrología Eléctrica, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por tales funciones

- Tabla 5.6) Funciones específicas y generales del área de Metrología Física, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por tales funciones**
- Tabla 5.7) Funciones específicas y generales del área de Metrología de Materiales, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por las actividades de sus áreas**
- Tabla 5.8) Funciones específicas y generales del área de Metrología Mecánica, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por las actividades de sus áreas**
- Tabla 5.9) Funciones específicas y generales de la Dirección de Administración y Finanzas**
- Tabla 5.10) Funciones específicas y generales de la Dirección de Servicios Tecnológicos**
- Tabla 5.11) Situación financiera del CENAM (pesos)**
- Tabla 5.12) Ingresos y Egresos del CENAM 2001-2005 (pesos)**
- Tabla 5.13) Servicios especializados realizados por el CENAM**
- Tabla 5.14) Número de actividades realizadas por el CENAM durante el periodo 2000-2005**
- Tabla 5.15) Proyectos realizados que destacan por su importancia:**

Figura 5.1) Sistema Metrología-Normalización-Acreditación (MNA)

Figura 5.2) Estructura Orgánica del CENAM

Gráfica 5.1) Ingresos y Egresos del CENAM, 2001-2005

Gráfica 5.2) Número de Servicios especializados

Gráfica 5.3) Calibraciones

Capítulo 5

Caracterización del Centro Nacional de Metrología

Este capítulo tiene como objetivo fundamental presentar una caracterización general del Centro Nacional de Metrología (CENAM) con el propósito de encontrar información relevante que permita asociar la evidencia con la parte teórica y generar reflexiones congruentes que expliquen el nivel de capacidades metrológicas del CENAM.

Las preguntas principales que se intentan responder son: ¿De qué parte de la metrología está encargado el CENAM? ¿Cuál es el objetivo, misión y funciones del centro? ¿Cómo está estructurado el centro? ¿De qué forma obtiene recursos económicos el CENAM para mantenerse? ¿Cómo procede el CENAM ante sus éxitos, limitaciones y asimetría metrológica?

Para responder a las interrogantes planteadas, el capítulo se estructura en nueve secciones, la primera presenta a las figuras institucionales que están involucradas en la medición en México en sus diferentes competencias, la segunda, presenta el objetivo, funciones, infraestructura y servicios que ofrece el CENAM, la tercera, describe la estructura orgánica del centro así como las actividades que se realizan en cada parte de la estructura.

La cuarta sección presenta un listado de ingresos y egresos así como la situación financiera del CENAM, la quinta, muestra el número de servicios y actividades realizadas durante el periodo en cuestión, la sexta, describe como procede el centro ante situaciones exitosas, la séptima, hace referencia a algunas limitaciones del centro, la octava sección narra como procede el CENAM ante la asimetría metrológica existente en el país y la última presenta las conclusiones.

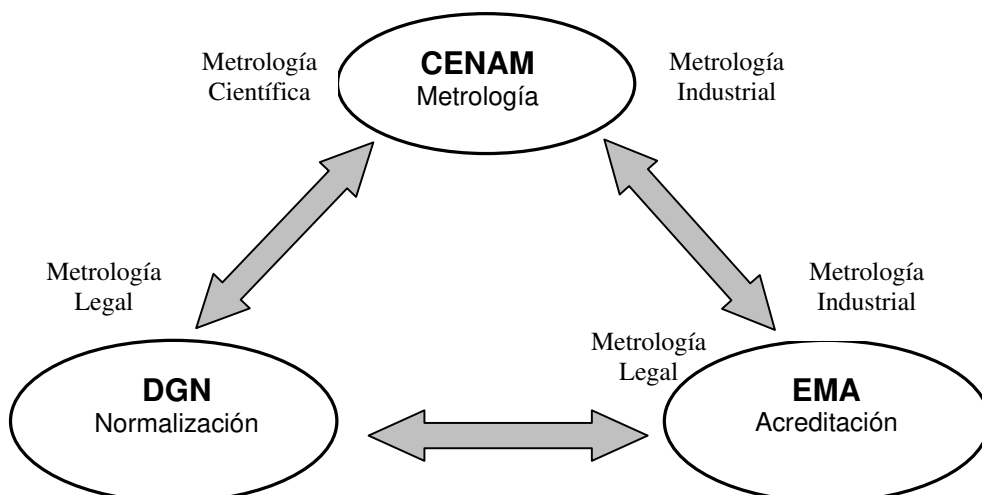
5.1 Sistema Metrología-Normalización-Acreditación

Como resultado del fracaso del sistema económico basado en la sustitución de importaciones, durante la década de los 70's y 80's, y ante la nueva apertura comercial, los países de América Latina sufrieron una reestructuración institucional en materia de política científica y tecnológica como lo indica Sagasti, y Cook (1987).

En respuesta a las nuevas exigencias nacionales e internacionales ocasionadas por la apertura comercial, en México se fortalecieron algunos campos con la intención de fomentar las prácticas científico-tecnológicas. Uno de estos aspectos es la medición, la cual para satisfacer las exigencias y dar solución a las necesidades de las empresas nacionales se instauró toda una infraestructura institucional con el propósito de dar respuesta a cada requerimiento que involucra la medición a nivel nacional y compatibilidad internacional.

En la tarea de dar solución a las necesidades metrologías, se crearon tres instancias principales que de manera conjunta forman lo que hoy en día se conoce como sistema de Metrología-Normalización-Acreditación (MNA).

Figura 5.1) Sistema Metrología-Normalización-Acreditación (MNA)



Fuente: Idea extraída de la presentación realizada por el Dr. Salvador E. el 17 de Mayo de 2006 en Puebla, Pue., en el Foro de Consulta con la Industria Automotriz, Puebla-Saltillo-Hermosillo.

El Sistema MNA (Ver Fig. 1) esta formado por el Centro Nacional de Metrología (CENAM) el cual realiza funciones correspondientes a la Metrología Científica e Industrial³⁶, la Dirección General de Normas (DGN) encargada de la Metrología Legal y la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA) que realiza funciones correspondientes a la Metrología Industrial y Legal.

5.2 CENAM

De las figuras institucionales que forman al sistema (MNA), para los fines de esta tesis, el interés se concentra en la correspondiente a Metrología que está representada por el CENAM, debido a que el estudio de caso se enfoca en analizar una parte de la evolución de las interacciones entre el centro y los usuarios.

En este sentido, esta sección presenta una descripción de algunos aspectos generales que complementan la estructura del centro, como: su objetivo, sus funciones, la misión que tiene, su inicio, la infraestructura tecnológica, recursos y servicios que ofrece el CENAM..

5.2.1 Objetivo

Con la finalidad de satisfacer las necesidades de la industria en materia de medición, se creó el Centro Nacional de Metrología³⁷ (CENAM), el cual es una institución de interés público establecida por el Gobierno Federal como el laboratorio nacional de referencia, cuyo objetivo principal es apoyar al Sistema Metrológico Nacional para asegurar la calidad y coherencia de las mediciones que se realicen en México.

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización (LFMN) es la que otorga al centro sus facultades y atribuciones para establecer y mantener los patrones nacionales con el propósito de apoyar al sistema nacional de calibración. De esta forma, de la apropiada

³⁶ En el Anexo I) se presentan y describen las áreas de la metrología (científica, legal e industrial).

³⁷ El Centro Nacional de Metrología es un organismo descentralizado con personalidad jurídica y patrimonio propio, con objeto de llevar a cabo funciones de alto nivel técnico en materia de metrología (Capítulo V, artículo 29, LEY Federal sobre Metrología y Normalización)

operación del CENAM, depende la eficiencia y los buenos resultados del sistema Metrología-Normalización-Acreditación que son fundamentales para el desarrollo de la industria y servicios competitivos nacionales e internacionales.

5.2.2 Funciones

El CENAM esta encargado de realizar las funciones contenidas en la definición de NMI³⁸ y actividades contenidas en el Capitulo V, articulo 30, de la LEY Federal sobre Metrología y Normalización³⁹. Entre las funciones más importantes que la ley de Metrología y Normalización otorga al CENAM son:

- Fungir como laboratorio primario⁴⁰ del Sistema Nacional de Calibración;
- Conservar el patrón nacional⁴¹ correspondiente a cada magnitud, salvo que su conservación sea más conveniente en otra institución;
- Proporcionar servicios de calibración a los patrones de medición de los laboratorios, centros de investigación o a la industria, cuando así se solicite, así como expedir los certificados correspondientes;
- Promover y realizar actividades de investigación y desarrollo tecnológico en los diferentes campos de la metrología, así como coadyuvar a la formación de recursos humanos para el mismo objetivo;
- Asesorar a los sectores industriales, técnicos y científicos en relación con los problemas de medición y certificar materiales patrón de referencia;
- Participar en el intercambio de desarrollo metrológico con organismos nacionales e internacionales y en la intercomparación de los patrones de medida;

³⁸ Se debe entender por Instituto Nacional de Metrología (NMI), un laboratorio nacional responsable del desarrollo y preservación de los estándares de medición para la difusión del SI de unidades, sus múltiplos y submúltiplos, y capaz de hacer mediciones exactas disponibles para todos los usuarios (Kind, 1997).

³⁹ Publicada en el Diario Oficial de la Federación, el primero de julio de 1992; se adicionó y reformó en 1996 y luego en 1997 estando en la presidencia del gobierno federal a cargo del Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León

⁴⁰ Un laboratorio primario es aquel que desarrolla investigación metrológica fundamental adoptada internacionalmente, y que reconoce y mantiene estándares del más alto nivel internacional (Howarth, 2003).

⁴¹ Patrón nacional: El patrón autorizado para obtener, fijar o contrastar el valor de otros patrones de la misma magnitud, que sirve de base para la fijación de los valores de todos los patrones de la magnitud dada.

<<http://www.economia.gob.mx/index.jsp?P=2361#Definiciones>> (12-Ene-07)

- Realizar peritajes de tercería y dictaminar sobre la capacidad técnica de calibración o de medición de los laboratorios, a solicitud de parte o de la Secretaría dentro de los comités de evaluación para la acreditación;
- Organizar y participar, en su caso, en congresos, seminarios, conferencias, cursos o en cualquier otro tipo de eventos relacionados con la metrología;
- Celebrar convenios con instituciones de investigación que tengan capacidad para desarrollar patrones primarios o instrumentos de alta precisión, así como instituciones educativas que puedan ofrecer especializaciones en materia de metrología;
- Celebrar convenios de colaboración e investigación metrológica con instituciones, organismos y empresas tanto nacionales como extranjeras; y
- Las demás que se requieran para su funcionamiento.

5.2.3 Misión

Su misión consiste en “apoyar a los diversos sectores de la sociedad en la satisfacción de sus necesidades metrológicas presentes y futuras, estableciendo patrones nacionales de medición, desarrollando materiales de referencia y diseminando sus exactitudes por medio de servicios tecnológicos de la más alta calidad, para incrementar la competitividad del país, contribuir al desarrollo sustentable y mejorar la calidad de vida de la población.”⁴²

5.2.4 Inicios

El centro inició sus actividades de manera formal el 29 de abril de 1994, pero ya venía operando de manera regular desde 1992. Dentro de sus objetivos esta el atender a todos los sectores de la industria, sin embargo, como parte de su estrategia, hace hincapié en los rubros más importantes de las manufacturas como el sector automotriz, alimentos y del petróleo por ser una importante fuente generadora de empleos directos e indirectos, además, por generar mayor valor agregado y contribuir en mayor proporción al producto interno bruto (PIB).

⁴² < <http://www.cenam.mx/quienes.asp> > 23-Junio-2006

5.2.5 Infraestructura Tecnológica

El CENAM, actualmente cuenta con una inversión en equipamiento de alrededor de 25 millones de dólares en sus más de 120⁴³ laboratorios, en contraste con sus inicios que albergaba aproximadamente 20 laboratorios, además, cuenta con una plantilla de 321⁴⁴ empleados en donde el 79% de ellos tiene grado de licenciatura y el 21% cuenta con estudio de posgrado, 25 Doctores y 41 Maestros en Ciencias. Todo el personal del CENAM es de confianza, es decir, no cuenta con personal de base.

El centro cuenta con 62 Patrones Nacionales de referencia desarrollados, establecidos y documentados técnicamente, en las principales áreas de aplicación en el país, así, como 3 en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ)⁴⁵ además, cuenta con patrones de trabajo y de transferencia para la prestación de servicios de calibración⁴⁶, los cuales se presentan por el número de servicios de calibración que ofrece cada uno de los departamentos de las distintas áreas tecnológicas (Ver Tabla 5.1) del centro.

Haciendo referencia a los datos presentados en la Tabla 5.1), se observa que las áreas de Metrología Mecánica y Eléctrica son las que ofrecen un mayor número de servicios al usuario, en este sentido, no se cuenta con información para establecer si es por que cuentan con más divisiones o si son áreas en las que las actividades de explotación están ampliamente diferenciadas por lo cual el número de servicios puntuales se incrementa, etc.

Los servicios ofrecidos por el CENAM tienen costos muy variados, que pueden ir desde el orden de 200 ó 300 pesos por pieza, como es el caso de la calibración de algunos bloques patrón o puntos adicionales en la calibración de generadores de nivel y hasta alrededor de 120 mil pesos como es el caso de la calibración de la respuesta espectral del patrón

⁴³ El número de laboratorios y los grados en términos porcentuales fueron tomados de la presentación de Hector Nava J., Director General del CENAM, (Abril, 2006), Bogotá, Colombia, pp. 45.

⁴⁴ Fuente: <http://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/RemMensualHonorarios.htm> (30-Jun-2006)

⁴⁵ Fuente: <http://www.cenam.mx/patrones.asp> (30-Jul-2006)

⁴⁶ La calibración es un conjunto de operaciones que establecen, bajo condiciones específicas, la relación entre los valores de cantidades indicadas por un instrumento, sistema de medición o valores representados por un material de referencia y los valores correspondientes a los estándares (Howarth, 2003).

secundario y la certificación de materiales de referencia realizados en los departamentos de óptica y radiometría y división de materiales cerámicos respectivamente.

Tabla 5.1) Número de servicios de calibración que ofrecen las divisiones de las cuatro áreas tecnológicas del CENAM

Área	División	Servicios
Metrología Eléctrica	División de Mediciones Electromagnéticas	80
	División de Termometría	28
	División de Tiempo y Frecuencia	9
Metrología Física	División de Acústica y Vibraciones	38
	División de Óptica y Radiometría	38
Metrología de Materiales	División de materiales Metálicos	4
	División de Materiales Cerámicos	35
	División de Materiales Orgánicos	14
Metrología Mecánica	División de Metrología Dimensional	46
	División de Metrología de Fuerza y presión	26
	División de Metrología de Masa y Densidad	33
	División de Metrología de Flujo y Volumen	41
TOTAL		392

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/calibracion/default.asp> (30-Jun-2006)
Esta información es el acumulado de servicios hasta el 30-Jun-2006, debido a que no se encontró desglosada por año.

Los diferentes servicios de calibración que ofrece el centro difieren en su grado de exactitud, complejidad, método, tiempo de realización, etc., por lo que la diversidad de insumos y preparación de equipos para realizar el servicio hacen que los costos sean variables entre calibraciones y servicios. En este sentido, la mayor parte de servicios de calibración corresponde a prácticas de explotación de la infraestructura ya existente en el centro.

Mientras el CENAM demuestra su competencia metrológica mediante comparaciones internacionales en los Comités Consultivos del CIPM, SIM y otros acuerdos, simultáneamente también ofrece pruebas y/o ensayos de aptitud técnica⁴⁷ desde 1994, con el propósito de conocer el desempeño de los laboratorio participantes al comparar sus

⁴⁷ Las Pruebas de Aptitud Técnica (PAT), proporcionan a los laboratorios los medios para evaluar y demostrar la confiabilidad de los datos que ellos producen. Esto puede incluir una evaluación realizada por los mismos laboratorios, por sus clientes o por otras partes, tales como cuerpos de acreditación o de normalización. Si un laboratorio obtiene resultados aceptables en Pruebas de Aptitud Técnica es garantía para los usuarios de sus servicios. El mayor número de PAT que ofrece el centro es en el área de metrología de materiales.

resultados con los valores de referencia, para ofrecer a las autoridades reguladoras información sobre la capacidad y calidad de las mediciones analíticas de los laboratorios concursantes al homogeneizar el uso de las metodologías de análisis disponibles.

5.2.6 Recursos Bibliográficos (Publicaciones)

Una de las tareas del CENAM es la administración, mantenimiento y difusión del material bibliográfico realizado por los metrologos de las diferentes Áreas Técnicas que componen el centro, actividad realizada principalmente por la Dirección de Servicios Tecnológicos.

Para tal efecto, el CENAM pone a la venta al público en general más de cien publicaciones entre artículos de carácter técnico⁴⁸ y algunos otros títulos publicados por el centro (Ver Tabla 5.2) como muestra del conocimiento y capacidades acumuladas en sus distintas áreas.

Dirección de	División	Publicaciones técnicas **	Artículos publicados por el CENAM*
Metrología Eléctrica	División de tiempo y frecuencia	1	-
Metrología Física	-	2	-
-	División de Óptica y Radiometría	2	-
Metrología de materiales	-	14	-
Metrología de Mecánica	-	3	-
-	División de Fuerza y presión	6	31
-	División de Masa y Densidad	14	-
-	División de metrología dimensional	-	39
Total		42	70

Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM

** <http://www.cenam.mx/publicaciones/tecnicas/default.asp>

* <http://www.cenam.mx/articulos.asp>

Para complementar su tarea de difusión el CENAM pone a disposición del público en general sesenta publicaciones gratuitas en forma de archivos electrónicos, información que la distribuye en diferentes categorías según su contenido y origen (Ver Tabla 5.3).

⁴⁸ El CENAM ofrece publicaciones técnicas en las áreas de Metrología Eléctrica, Física, de Materiales y Mecánica, siendo la dirección de Metrología de Materiales junto con la de Metrología Mecánica en su división de masa y densidad las que más publicaciones ofrecen. Para mayor detalle, visitar la página <http://www.cenam.mx/materiales/aptitudtecnica2006.asp>, también ofrece algunas publicaciones de forma gratuita.

Tipo de publicación	No.
Evaluación de la incertidumbre en la medición	12
Guías Técnicas	36
Simposio de metrología	3
Seminarios de metrología	1
Metrología general	8
Total	60

Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM

* <http://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/> (30-Jun-2006)

Considerando los datos presentados en la Tabla 5.2 y 5.3), se observa actividad en el rubro de publicaciones con la intención de codificar el conocimiento e información existente en las distintas áreas tecnológicas. En este sentido surge la interrogante sobre en qué medida el origen de la información es el resultado de actividades de exploración de nuevos métodos, formas, etc. o si solo son actividades de codificar la información ya existente con el propósito de consolidar y estandarizar ciertas prácticas.

De igual forma, no se cuenta con información para determinar y valorar los criterios bajo los cuales se publica, y en que medida la cantidad de publicaciones puede ser un parámetro de actividades de exploración y explotación. Lo que si se puede afirmar es que la codificación de la información con el propósito de consolidar las prácticas, proporciona mayor certidumbre al igual que disminuye la asistencia personalizada.

5.2.7 Servicios que Ofrece el CENAM

Para cumplir con la misión que tiene el CENAM, ofrece a todas las industrias de bienes y servicios de carácter público y privado, servicios en metrología⁴⁹ de alta exactitud que pueden ir de tareas simples de explotación de recursos hasta desarrollos tecnológicos que requieren de la exploración de nuevas áreas metrológicas, por lo que pone a disposición de los distintos sectores los servicios contenidos en la Tabla 5.4).

⁴⁹ Para que el acceso a todos los servicios de calibración y prueba, así, como también a las publicaciones, sea de una forma cómoda y rápida, el CENAM ofrece diferentes modalidades de pago para mayor comodidad de sus clientes, las cuales son: a través de Internet, a través de ventanilla bancaria o en la caja general de las instalaciones del CENAM

Tabla 5.4) Servicios que Ofrece el CENAM	
Tipo de Servicio	Concepto
- Calibración de instrumentos y patrones	La LFMN* faculta al CENAM para ofrecer servicios de calibración y emitir certificados como cabeza del Sistema Nacional de Calibración.
- Desarrollo y Certificación de Materiales de Referencia	El CENAM desarrolla materiales de referencias para la calibración de instrumentos de análisis en apoyo a la salud, el cuidado del medio ambiente y la productividad.
- Asesorías	El servicio es un apoyo a la industria interesada en incorporar eficientemente la metrología en sus sistemas de calidad. Incluye recomendaciones sobre instalaciones y equipo, capacitación requerida para el personal y procedimientos de medición.
- Capacitación en Metrología	El CENAM mantiene un programa anual de cursos sobre técnicas básicas y avanzadas en cada una de las áreas del centro. Adicionalmente, se ofrecen cursos en las instalaciones del cliente y estancias en laboratorios del CENAM.
- Proyectos de Desarrollo de Sistemas de Medición	El CENAM desarrolla sistemas de medición gracias a sus capacidades físicas y humanas en distintas áreas de la metrología, y por contar con laboratorios y talleres con la tecnología más moderna.
- Hora Exacta	El CENAM difunde el tiempo exacto asociado a los husos horarios vigentes en el país por vía telefónica, mediante el sistema del reloj parlante y módem y hace las adecuaciones estacionales.
- Programa MESURA	Es un servicio integral de asesoría para fortalecer los sistemas de medición de la industria y de otros organismos que requieren garantizar la validez de sus mediciones.

Fuente: Elaboración propia con datos del Primer Programa de Mejora Regulatoria 2001 – 2003 del Centro Nacional de Metrología, Dirección de Servicios Tecnológicos.

* Ley Federal de Metrología y Normalización

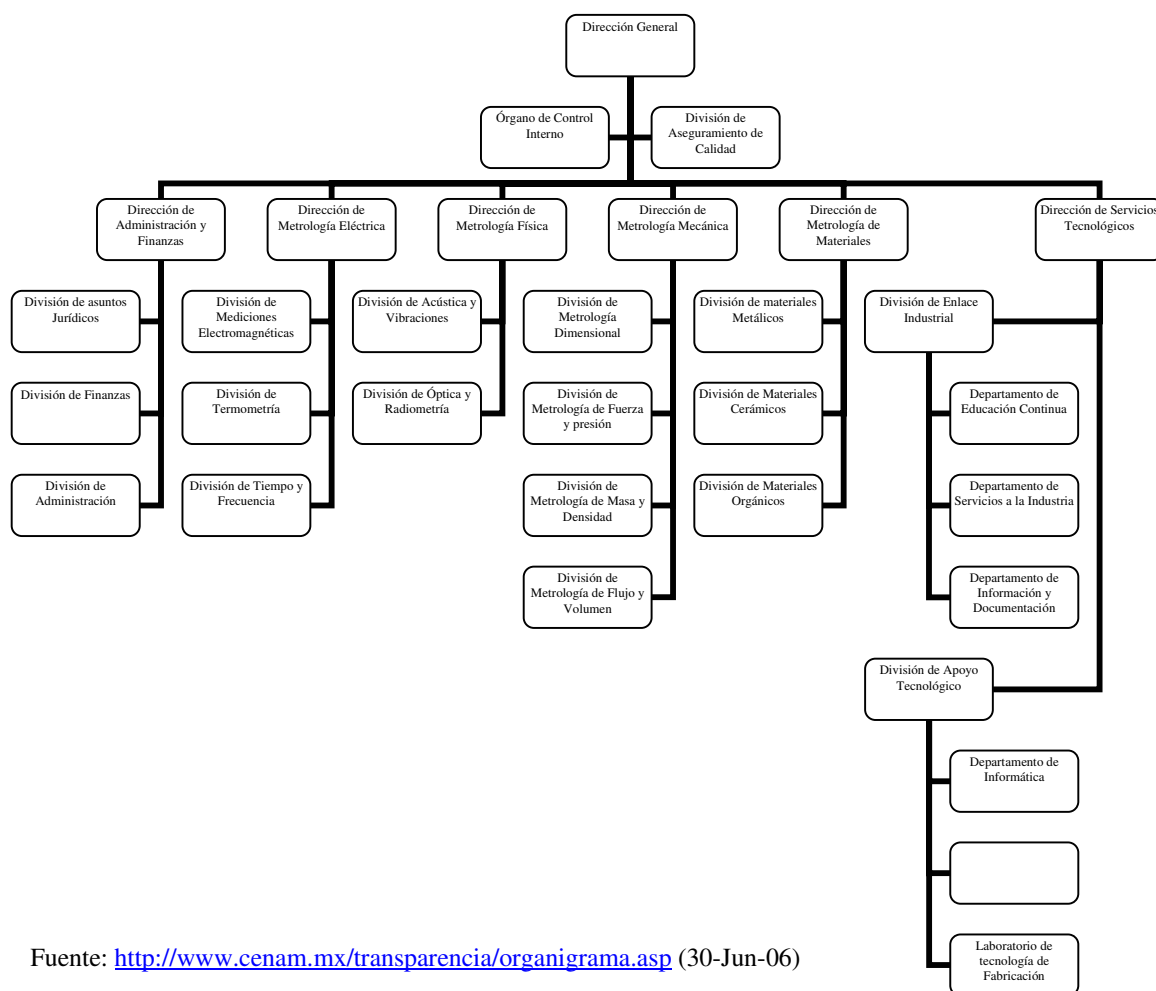
5.3 Estructura del CENAM

¿Cómo es la estructura organizacional al interior del CENAM? Para responder a esta interrogante, se dice que la organización del CENAM permite representar una estructura orgánica que se encuentra dividida en seis direcciones principales con sus diferentes divisiones, encabezadas por la Dirección General como se muestra en la Figura 5.2).

Considerando el orden jerárquico y forma en que se presenta la estructura orgánica del CENAM, se aprecia cierta independencia entre direcciones, además de contar con el mismo

nivel de importancia, sin embargo, existe evidencia de que hay una continúa interacción⁵⁰ entre ellas; cabe destacar que de las seis direcciones cuatro corresponden a áreas tecnológicas: dirección de metrología eléctrica, física, de materiales y mecánica.

Figura 5.2) Estructura Orgánica del CENAM



Fuente: <http://www.cenam.mx/transparencia/organigrama.asp> (30-Jun-06)

Las otras dos divisiones funcionan como áreas de apoyo, es decir, la Dirección de Servicios Tecnológicos funciona como puente entre los usuarios y las áreas tecnológicas, así también, se encarga de crear una imagen, dar a conocer al CENAM y difundir los servicios que

⁵⁰ En el desarrollo de este capítulo y subsiguientes, se irán incorporando diferentes elementos que realizan la función de interfase entre las diferentes partes que conforman la estructura orgánica del centro y las que fundamentan la existencia de interacción al interior del CENAM.

ofrece; la Dirección de Administración y Finanzas se encarga de la administración de los recursos financieros y recursos materiales del centro.

En este sentido, a pesar de que en la estructura orgánica no se declara la relación entre las divisiones y direcciones, si existen interacciones entre direcciones en sus distintos niveles al interior del CENAM, lo cual es una muestra de la presencia de las propiedades de multinivelidad y multidireccionalidad en las interacciones dentro del centro.

Siguiendo con la idea de caracterizar al CENAM, para obtener una mejor percepción de lo que se realiza en cada una de las direcciones que se muestran en el organigrama (Figura 5.2), se presenta una descripción de las funciones generales y específicas que, realizan cada una de las seis direcciones arriba mencionadas, así, como los sectores beneficiados para el caso de las áreas tecnológicas (Ver Tabla, 5.5-5.10).

5.3.1 Área de Metrología Eléctrica

El Área de Metrología Eléctrica esta formada por tres Divisiones: Tiempo y Frecuencia, Mediciones Electromagnéticas, y Termometría (Ver Tabla 5.5). Su tarea es conseguir que los patrones nacionales sean del tipo primario, para asegurar que el origen de la trazabilidad⁵¹ sea a partir del CENAM.

Esta formada por un grupo de 40 personas, de las cuales, 12 son doctores en ciencias, 5 con grado de maestría, 18 con licenciatura en física e ingenierías y el resto con nivel técnico. Sus actividades de transferencia de conocimientos se complementan con una cartera de cursos especializados y un esquema de asesorías técnicas en Metrología Eléctrica.

⁵¹ La trazabilidad se define como la propiedad de una medición, física o química, o del valor de un patrón, por medio de la cual estos pueden ser relacionados a referencias establecidas, en este caso los Patrones Nacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones. La trazabilidad únicamente existe cuando se presentan evidencias rigurosamente científicas, continuas y apropiadas a cada aplicación, que muestran que la medición está produciendo resultados documentados con valores de incertidumbre estimados y declarados. < <http://www.cenam.mx/calibracion/otrainformacion.asp> > (08-Nov-2006).

Tabla 5.5) Funciones específicas y generales del área de Metrología Eléctrica, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por tales funciones				
Dirección	Divisiones	Funciones Específicas	Funciones Generales	Sectores objetivo*
Metrología Eléctrica	Tiempo y Frecuencia	- Conservación y desarrollo de patrones nacionales y primarios - Servicios especializados	- Servicios de medición y calibración	Sector electrónico, eléctrico y químico entre otros.
	Mediciones Electromagnéticas			
	Termometría			

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/dme/> (30-Jul-2006)

* En este trabajo son sectores objetivo por que no se cuenta con la información para saber si tienen impacto o no sobre dichos sectores, excepto para la industria automotriz que es tema del presente trabajo.

5.3.2 Área de Metrología Física

El Área de Metrología Física esta compuesta por dos Divisiones: Óptica y Radiometría y la de Vibraciones y Acústica (Ver Tabla 5.6). Su tarea es conseguir que los patrones nacionales sean del tipo primario, para asegurar que el origen de la trazabilidad sea a partir del CENAM.

Tabla 5.6) Funciones específicas y generales del área de Metrología Física, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por tales funciones				
Dirección	Divisiones	Funciones Específicas	Funciones Generales	Sectores objetivo*
Metrología Física	Óptica y Radiometría	- Fenómenos relacionados con las radiaciones electromagnéticas del espectro ultravioleta, visible e infrarrojo. - Establecimiento y mantenimiento de los patrones nacionales en los campos de fotometría, radiometría, espectrofotometría, polarimetría, refractometría, optoelectrónica y fibras ópticas	-Fomentar la creación de laboratorios secundarios -Servicios de medición y calibración	- Sectores de salud, farmacéutico, petroquímico, textil, telecomunicaciones y todos aquellos en los que el uso de pinturas, iluminación sea una variable determinante.
	Vibraciones y Acústica	- Actividades relativas a las vibraciones mecánicas y las ondas elásticas - Tiene a su cargo los patrones nacionales de aceleración y de acústica	-Servicios especializados	- Sectores que repercuten en la productividad - Sector comercio, salud, seguridad e higiene en la sociedad e industria

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/dmfisica.asp> (30-Jul-2006)

* En este trabajo son sectores objetivo por que no se cuenta con la información para saber si tienen impacto o no sobre dichos sectores, excepto para la industria automotriz que es tema del presente trabajo.

Una de las principales actividades de la dirección, es la de fomentar la creación de laboratorios secundarios de acuerdo a la demanda. El centro cuenta con un laboratorio acreditado en acústica y está en proceso la consolidación de tres laboratorios en radiometría.

5.3.3 Área de Metrología de Materiales

El Área de Metrología de Materiales, para atender a la creciente demanda de materiales de referencia esta compuesta por tres Divisiones: Materiales Metálicos, Materiales Cerámicos y Materiales Orgánicos (Ver Tabla 5.7). Su tarea es conseguir que los patrones nacionales sean del tipo primario, para asegurar que el origen de la trazabilidad sea a partir del CENAM.

Tabla 5.7) Funciones específicas y generales del área de Metrología de Materiales, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por las actividades de sus áreas				
Dirección	Divisiones	Funciones Específicas	Funciones Generales	Sectores objetivo*
Metrología de Materiales	Materiales Metálicos	- Establecimiento y mantenimiento de los sistemas primarios para la certificación de materiales de referencia primarios	- Los resultados de los análisis químicos permiten desde el aseguramiento de la calidad de nuestros alimentos hasta el control de la calidad de las materias primas en los procesos de manufactura en todo el país, pasando por el control de la contaminación ambiental y los aspectos relacionados con la salud. - Proporcionar asesorías sobre aseguramiento de calidad en laboratorios analíticos y análisis de alta confiabilidad.	- Sectores que utilicen materiales ferrosos y no ferrosos, en materiales de alta pureza - Sectores químico y agrícola.
	Materiales cerámicos	- Desarrollo de bases propias para determinar las propiedades y comportamiento de materiales cerámicos - Contempla el desarrollo de cementos, vidrios y cerámicos, materiales para certificar propiedades físicas por medio de difracción de rayos X, microscopía de barrido de electrones y Raman, así como tamaño de partícula		- Sectores que utilicen materiales cerámicos, vidrios; minerales y materiales geológicos
	Materiales Orgánicos	- Realiza y certifica materiales de referencia para propiedades físicas como actividad iónica y propiedades poliméricas. - Realiza y certifica materiales de referencia relacionados con aplicaciones en salud e higiene industrial, ambiente, alimentos y agricultura, materias primas y productos industriales, combustibles y gases - Servicios de calibración de analizadores de gases, estudios comparativos de mediciones analíticas, así como desarrollo y validación de métodos analíticos.		- Sectores que utilicen materiales de matriz inorgánica y orgánica de interés ambiental, salud e higiene industrial y alimentos

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/dmmateriales.asp> (30-Jul-2006)

* En este trabajo son sectores objetivo por que no se cuenta con la información para saber si tienen impacto o no sobre dichos sectores, excepto para la industria automotriz que es tema del presente trabajo.

Entre sus actividades, el Área de Materiales se encarga de certificar los materiales de referencia que las industrias requieren para cumplir con los requisitos internacionales de medición y poder competir en los mercados globales. Se considera en todo momento que, del resultado de los análisis químicos realizados depende el aseguramiento de la calidad de nuestros alimentos y calidad de materias primas en los procesos de manufactura, pasando por el cumplimiento de las normas ambiental y aspectos relacionados con la salud.

5.3.4 Área de Metrología Mecánica

La Dirección de Metrología Mecánica establece, conserva y desarrolla los patrones nacionales de las magnitudes mecánicas que son indispensables para el desarrollo industrial del país en todos sus sectores productivos. Una de sus tareas es conseguir que los patrones nacionales sean del tipo primario, para asegurar que el origen de la trazabilidad sea a partir del CENAM.

Para el buen desempeño de sus funciones la Dirección se compone de cuatro divisiones: Metrología Dimensional, Metrología de Masa y Densidad, Metrología de Fuerza y Presión y Metrología de Flujo y Volumen (Ver Tabla 5.8).

Tabla 5.8) Funciones específicas y generales del área de Metrología Mecánica, así como algunos de los sectores que se ven beneficiados por las actividades de sus áreas

Dirección	Divisiones	Funciones Específicas	Funciones Generales	Sectores objetivo*
Metrología Mecánica	Metrología Dimensional	<ul style="list-style-type: none"> - Tiene a su cargo los patrones nacionales de longitud y ángulo plano - Establecer, mantener y mejorar el patrón nacional de longitud y ángulo. - Ofrecer servicios de calibración para patrones e instrumentos de longitud y ángulo. - Asesorar a la industria en la solución de problemas específicos de mediciones y calibraciones dimensionales. - Realizar comparaciones con laboratorios homólogos extranjeros con objeto de mejorar la trazabilidad metrológica. - Apoyar al Sistema Nacional de Calibración (SNC) en actividades de evaluación técnica de laboratorios. - Elaborar publicaciones científicas y de divulgación en el área de medición de longitud. - Organizar e impartir cursos de metrología dimensional a la industria. 	<ul style="list-style-type: none"> - Establece, conserva, desarrolla y disemina los patrones nacionales de las magnitudes mecánicas (masa, fuerza, presión, flujo, longitud, ángulo plano, volumen y magnitudes afines) - Cuantificación de las transacciones comerciales, de la producción industrial y el control de la calidad de productos - Sostenimiento de los niveles de exactitud requeridos en otras magnitudes que dependen de ellas 	<ul style="list-style-type: none"> - Sectores productivos y especialmente en las industrias de fabricación de productos metálicos, maquinarias y equipos, productos alimenticios - Sector químico y petroquímico - Sector automotriz
	Metrología de Masa y Densidad	<ul style="list-style-type: none"> - Mantiene los patrones nacionales correspondientes a las magnitudes de masa y densidad - Opera seis laboratorios: Patrón Nacional de Masa, Patrón Nacional de Densidad, Patrones de Referencia, Pequeñas Masas, Densidad de Sólidos y Densidad de Líquidos. - Ofrece materiales de referencia en densidad, determinación del volumen de sólidos, determinación de la densidad de líquidos, así como la calibración de instrumentos que cuantifican esta magnitud 		<ul style="list-style-type: none"> - Sector comercial - Sector alimentos - Industria petroquímica
	Metrología de Fuerza y Presión	<ul style="list-style-type: none"> - Es responsable de los patrones de las magnitudes de fuerza, par torsional, dureza, tenacidad, presión absoluta, presión relativa y vacío. - Mantiene tres patrones primarios - Ofrece la calibración de torquímetros y transductores de par torsional. 		<ul style="list-style-type: none"> - Sector automotriz, metal-mecánico - Industria petroquímica y del petróleo - Sector eléctrico
	Metrología de Flujo y Volumen	<ul style="list-style-type: none"> - Calibración de medidores y la caracterización de los sistemas de medición - Mantenimiento de los patrones nacionales de flujo de gas, flujo de líquidos, volumen y viscosidad. - Relaciones de trabajo con PEMEX REFINACIÓN para la calibración en campo de los sistemas de medición empleados para la transferencia de custodia de los hidrocarburos refinados cuentan con Patrones Viajeros 		

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/dmmecanica.asp> (30-Jul-2006)

* En este trabajo son sectores objetivo por que no se cuenta con la información para saber si tienen impacto o no sobre dichos sectores, excepto para la industria automotriz que es tema del presente trabajo.

5.3.5 Dirección de Administración y Finanzas

Dentro de las funciones y atribuciones de esta Dirección se encuentra la administración de los recursos, actividad que proporciona a las diferentes áreas del CENAM los servicios necesarios para el adecuado desarrollo de sus actividades; gestionando para ello los

servicios administrativos, recursos financieros y asuntos jurídicos que se requieran, con estricto apego al marco normativo bajo el cual se rige el centro. La Dirección esta integrada en tres divisiones: Asuntos Jurídicos, Finanzas y Administración (Ver Tabla 5.9).

Tabla 5.9) Funciones específicas y generales de la Dirección de Administración y Finanzas			
Dirección	Divisiones	Funciones Específicas	Funciones Generales
Dirección de Administración y Finanzas	División de asuntos Jurídicos	- Adquisición de bienes y servicios. - Contratación y realización de obra pública. - Prestación de servicios generales y resguardo de recursos materiales	- Apoyar el desarrollo eficiente y eficaz de las actividades que competen a las áreas del Centro Nacional de Metrología, proporcionándoles los recursos humanos, materiales, financieros y organizativos que requieren para ello; considerando las disposiciones de racionalidad, austeridad y disciplina presupuestal emitidas por el Ejecutivo Federal a través de las Dependencias Globalizadoras.
	División de Finanzas	- Realización de mantenimiento general. - Administración de recursos humanos. - Administración de recursos financieros, incluyendo su presupuestación, ejercicio y contabilización.	
	División de Administración	- Prestación de servicios jurídicos.	

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/transparencia/dadministracion.asp> (30, Jul, 2006)

5.3.6 Dirección de Servicios Tecnológicos

El Área de Servicios Tecnológicos (Ver Tabla 5.10) funge como punto de contacto y de enlace entre los clientes y las diferentes Áreas Técnicas que brindan estos servicios. Apoyándose de la División de Enlace Industrial establece políticas y coordina las acciones necesarias para ofrecer los servicios de acuerdo a las normas mexicanas de calidad equivalentes a las normas ISO 9001:1994 e ISO 17025. Elabora el material de difusión de los servicios y actividades que se realizan en el CENAM.

La Dirección de Servicios Tecnológicos valiéndose de la División de Apoyo Tecnológico provee el soporte tecnológico para asistir a los laboratorios de metrología, brindando servicios de automatización electrónica, informática y manufactura de piezas mecánicas y de vidrio.

Tabla 5.10) Funciones específicas y generales de la Dirección de Servicios Tecnológicos			
Divi- siones	Departa- mentos	Funciones Específicas	Funciones Generales
Enlace Industrial	Educación Continua	<ul style="list-style-type: none"> - Divulga la información sobre el programa anual de cursos y de sus contenidos a través de los medios de comunicación con que cuenta el Departamento. - Cotiza capacitación empresarial y estadías de entrenamiento. - Establece la logística necesaria para la reproducción del material didáctico en memorias y notas de cursos. - Archiva y mantiene la información de los cursos que se llevan a cabo y prevé el mantenimiento de los equipos de apoyo didáctico de las instalaciones de aulas y auditorios. 	<ul style="list-style-type: none"> - Coordina conjuntamente con las áreas técnicas del CENAM la actualización de los materiales para la difusión de los servicios de capacitación y entrenamiento que ofrecen las Divisiones. - Promueve el programa anual de cursos.
	Servicios a la industria	<ul style="list-style-type: none"> - Establece los procedimientos necesarios para coordinar con las Áreas Técnicas la prestación confiable de los servicios de calibración y venta de materiales de referencia. - Coordina con las Áreas Técnicas del CENAM, la Dirección de Administración y Finanzas, y los clientes; los procesos de cotización, programación de servicios, recepción y entrega de equipos y trámites de facturación. - Da seguimiento a convocatorias de colaboración con otras instituciones para los servicios que se coordinan en el Departamento. 	<ul style="list-style-type: none"> - El Departamento de Servicios a la Industria coordina los servicios de calibración de instrumentos y la venta de materiales de referencia.
	Información y documentación	<ul style="list-style-type: none"> - Administra y mantiene el acervo bibliográfico. - Realiza la gestión en la adquisición de material bibliográfico. - Atiende solicitudes de información de usuarios internos. - Préstamo interno de material bibliográfico. - Venta de publicaciones y documentos técnicos realizados por los metrólogos de las diferentes Áreas Técnicas que integran el Centro. - Atiende las solicitudes internas de préstamo de equipo audiovisual. - Atiende solicitudes internas sobre tareas de diseño gráfico en general. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es responsable de proporcionar los servicios de información en el campo de la metrología y las ciencias a usuarios internos y externos, así como difundir y crear una imagen sólida del CENAM que contribuya al logro de las metas institucionales.
Apoyo Tecnológico	Departamento de informática	<ul style="list-style-type: none"> - Mantenimiento y administración del Internet, Intranet y el correo electrónico. - Desarrolla y da mantenimiento a programas de cómputo. - Desarrolla y da Mantenimiento a Bases de Datos. - Soporte técnico para telefónica y cómputo. - Administración de la red interna. - Evaluación y monitoreo de nuevas tecnologías de información. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ofrecer los servicios de Informática y Telecomunicaciones, proporcionando servicios de soporte técnico en telefonía, cómputo y comunicaciones, que soliciten las áreas técnicas y administrativas del CENAM - Brinda asesoría técnica sobre el tipo y nivel de tecnología de información y comunicaciones requerido por las áreas técnicas y administrativas.
	Departamento de automatización	<ul style="list-style-type: none"> - Desarrollo de Sistemas electrónicos digitales, analógicos y de potencia. - Instrumentación electrónica para sensores (resistivos, capacitivos, ópticos y magnéticos) y para transductores (Temperatura, Humedad, Presión, Fuerza, láser y de Posición). - Sistemas electrónicos mínimos basados en microcontroladores - Dispositivos lógicos programables de campo de alta integración. - Procesadores digitales de señal (DSP's) - Instrumentación virtual. - Circuitos impresos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planea, organiza y lleva a cabo proyectos de investigación y desarrollo para la automatización e instrumentación electrónica, servicios de instrumentación y control electrónico a través de sus laboratorios de electrónica y serigrafía.
	Laboratorio de Tecnología de Fabricación	<ul style="list-style-type: none"> - Maquinados convencionales (Horneadora, torno, fresadora, taladro y rectificadores cilíndricos y planos) - Maquinados de control numérico (torno y fresadora universal) - Soldadura (TIG, MIG, electrodo revestido, autógena y de resistencia eléctrica) - Fabricación de piezas y equipos de vidrio científico (cuarzo y pirex) 	<ul style="list-style-type: none"> - Organiza y coordina los servicios relacionados con la manufactura de estructuras y componentes mecánicos y de vidrio. - Asesora sobre la optimización de los diseños de componentes mecánicos y de vidrio solicitados por las Áreas Técnicas del CENAM

Fuente: Elaboración propia con datos de <http://www.cenam.mx/serviciostec.asp> (30, Jul, 2006)

Se ha dicho que en la estructura orgánica no se declara explícitamente la interacción entre divisiones de las distintas direcciones en las que esta dividida la estructura orgánica del CENAM. También se han presentado las funciones generales y específicas de cada una de

las direcciones junto con sus respectivas divisiones y departamentos, en donde, cuatro direcciones corresponden a las áreas tecnológicas y dos son de carácter administrativo en Finanzas, Apoyo y Servicios Tecnológicos respectivamente.

En este orden de ideas, como se ha mostrado en las Tablas 5.5-5.10), se infiere en función de las actividades específicas y generales que la dirección de Administración y Finanzas, y la Dirección de Servicios Tecnológicos fungen como interfaces entre las divisiones de las distintas áreas tecnológicas y entre el interior y exterior del centro, es decir, ponen en interacción a las áreas tecnológicas con las necesidades de los usuarios.

De esta manera, son las encargadas de administrar los recursos financieros, materiales y humanos del centro para el adecuado desarrollo de las actividades que realizan las diferentes direcciones en todos sus departamentos por ejemplo: cuando un área requiere de hacer uso de equipos o asesorías de otras áreas tecnológicas, esto se realiza por escrito a la Dirección de Servicios Tecnológicos y ésta se encarga de hacer la interface para satisfacer las necesidades internas.

En otro orden de ideas, las funciones específicas y generales que se ejecutan en las áreas tecnológicas y administrativas se orientan en dos sentidos, primero en la explotación de los recursos ya existentes como es la realización de servicios a los usuarios y segundo, el desarrollo de actividades de exploración como la mejora y gestación de nuevos patrones de referencia.

5.4 Ingresos y Situación Financiera del CENAM

A partir de la publicación de la Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental⁵², el acceso a la información de los distintos órganos de la Administración Pública Federal se realiza mediante procedimientos sencillos, por lo que a partir de esta disposición es como se ha obtenido la información antes presentada y los estados financieros del CENAM que se presentan en forma resumida en las Tablas 5.11 y 5.12).

⁵² Publicada el 11 de junio de 2002 en el Diario Oficial de la Federación.

Tabla 5.11) Situación financiera del CENAM (pesos)					
Activo	2001	2002	2003	2 0 0 4	2 0 0 5
Suma el Circulante	51,655,506	33,676,606	25,755,254	30,939,969	38,897,584
Fijo	515,774,952	496,945,475	636,942,734	412,991,812	385,982,807
Diferido	136,316	137,303	137,303	137,303	-
Total del activo	567,566,774	530,759,384	662,835,291	444,069,084	424,880,391
Total del pasivo	20,901,529	19,732,660	11,638,827	12,668,099	14,357,562
Total del patrimonio	546,665,245	511,026,724	651,196,464	431,400,985	410,522,829

Fuente: Elaboración propia con datos de

<http://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/Estadosfinancieros2002-05.htm> (30-Jun-2006)

De acuerdo a los datos que se presentan en la Tabla 5.11), se aprecia que la tendencia del patrimonio es descendente, excepto en el año 2003 en donde se observa un incremento del total del patrimonio debido al superávit obtenido por revaluación⁵³, en este sentido también se aprecia que alrededor del 95% en promedio del total del patrimonio corresponde al activo fijo, es decir, el activo principalmente esta compuesto por inmuebles, mobiliario y equipo.

En esta idea, también se observa una disminución gradual del activo y pasivo, por lo que surge la hipótesis de que en el centro se ha dado una fuerte política de reducción de costos y gastos para subsanar las disminuciones del activo, sin considerar el aumento de los ingresos por concepto de la venta de servicios y transferencias del gobierno.

De esta forma, en la Gráfica 5.1) se observa un crecimiento casi paralelo entre los ingresos y egresos totales, es decir el remanente promedio de la serie es de alrededor de 13 millones. Esto corrobora en parte la hipótesis acerca de la política en la reducción de costos y gastos al interior del centro, lo que se puede traducir en un uso más eficiente de los recursos, en otras palabras, se puede insertar dentro de las actividades de consolidación y sistematización de muchas de las actividades al interior del centro.

⁵³ Para ver los detalles específicos de cada uno de los rubros de las Tablas 5.11) y 5.12), se recomienda visitar la referencia.

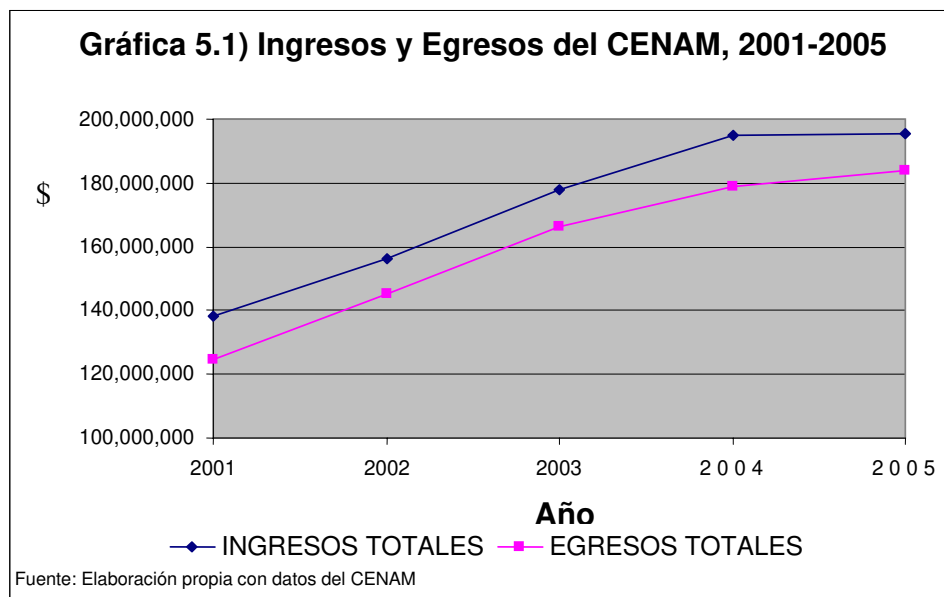
Tabla 5.12) Ingresos y Egresos del CENAM 2001-2005 (pesos)					
Ingresos:	2001	2002	2003	2004	2005
Transferencias del Gobierno Federal	105,591,452	120,863,776	138,548,939	156,443,217	159,410,977
Venta de Servicios	29,089,490	32,993,478	37,695,288	36,801,078	34,725,593
Otros Ingresos	3,436,995	2,574,829	1,834,585	1,520,679	1,562,548
Ingresos totales	138,117,937	156,432,083	178,078,812	194,764,974	195,699,118
Egresos:					
Servicios Personales	82,629,324	95,812,737	113,903,318	119,795,101	125,275,880
Materiales y Suministros	11,171,782	10,050,029	10,237,139	11,603,626	8,871,509
Servicios Generales	30,684,248	39,341,113	42,067,073	47,479,108	43,604,256
Operaciones ajenas					6,005,808
Egresos totales	124,485,354	145,203,879	166,207,530	178,877,835	183,757,453
Remanente:	13,632,583	11,228,204	11,871,282	15887139	11,941,665

Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM.

<http://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/Estadosfinancieros2002-05.htm> (30-Jun-2006)

Si siguiendo con esta idea, se infiere de los datos presentes en la Tabla 5.12), que la venta de servicios representa en promedio de la serie el 20% de los ingresos totales y las transferencias del gobierno representan el 79% en promedio de la serie con una tendencia divergente, es decir, se aprecia que la participación porcentual en el ingreso total, de las transferencias del gobierno se incrementa en detrimento de la participación porcentual en el total de los ingresos por la venta de servicios.

Pero también se observa que hay un incremento de gastos en servicios personales y materiales, suministros y gastos de inversión de lo cual se deduce que se está trabajando en incrementar el capital humano e infraestructura. En este sentido, surge la interrogante ¿Por qué la participación porcentual, en el total de los ingresos, de la venta de servicios no aumenta si los recursos humanos, tecnológicos y materiales se están incrementando? ¿Se está invirtiendo en la exploración de nuevos campos tecnológicos en detrimento de la explotación de los recursos y capacidades existentes? ¿Bajo que criterios se intenta balancear los ingresos y egresos?



Como se ha descrito, el CENAM está dividido por Áreas metrológicas en donde la forma de distribuir los ingresos que provienen de la Secretaría de Economía se realiza por disciplina, es decir, hay un presupuesto para metrología en materiales, dimensional, eléctrica, mecánica, etc., en donde el monto es a criterio de la dirección. De esta manera, no existen incentivos económicos para el personal que no sean las prestaciones de ley, debido al bajo presupuesto que reciben.

5.5 Servicios realizados por el CENAM (2000-2005)

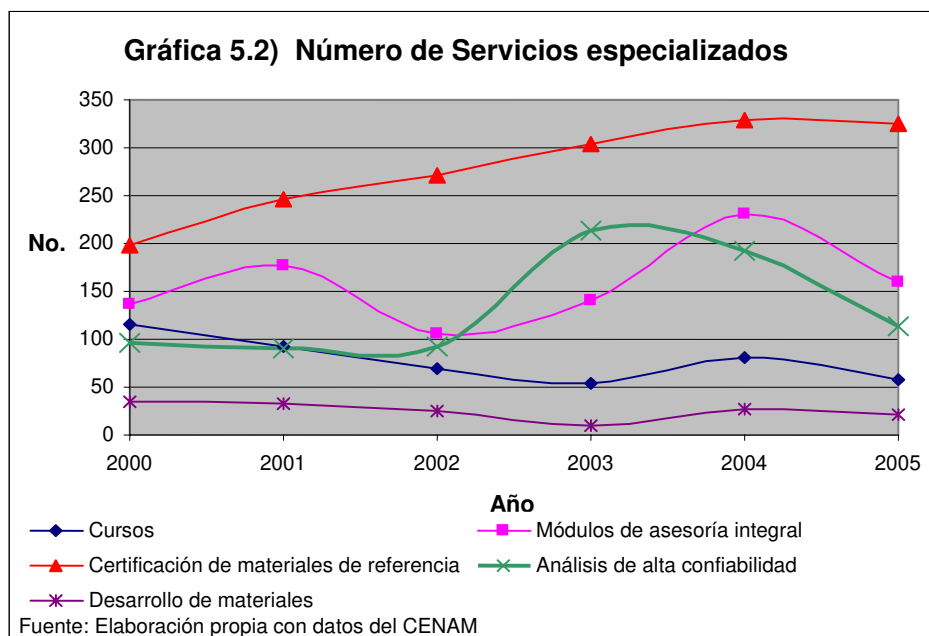
Como ya se ha mencionado, una de las tareas del CENAM es realizar servicios especializados que apoyen a la industria y Sistema Metrológico Nacional, en esta idea, se presenta en la Tabla 5.13) el número de servicios realizados en distintos rubros de la medición durante el periodo 2000-2005.

Considerando los datos presentes en la Tabla 5.13), de los servicios especializados con mayor demanda se encuentran los de calibración, en este sentido, se puede pensar que la infraestructura con que cuenta el centro para explotar los recursos existentes en el rubro de calibración es elevada debido a los 392 (Ver tabla 5.1) servicios diferentes de calibración que ofrece.

Tabla 5.13) Servicios especializados realizados por el CENAM						
Datos anuales						
Concepto	Observado					Meta 2005
	2000	2001	2002	2003	2004	
Calibraciones	3166	3022	3038	3474	2836	2799
Cursos	116	93	69	53	80	58
Módulos de asesoría integral	136	177	105	141	230	160
Certificación de materiales de referencia	199	246	272	303	329	325
Análisis de alta confiabilidad	96	91	92	214	193	114
Desarrollo de materiales	34	33	25	10	26	22

Fuente: Tabla tomada del reporte 2001-2005 del CENAM a la Secretaría de Economía

Sin embargo, la disminución del número de servicios de calibración que se presenta en los dos últimos años de la serie (Ver Gráfica 5.3) en contraste con el incremento de los recursos tecnológicos en este rubro, se puede justificar por la incorporación de nuevos laboratorios secundarios al Sistema Metrológico Nacional como resultado del fortalecimiento de la infraestructura metrológica nacional.

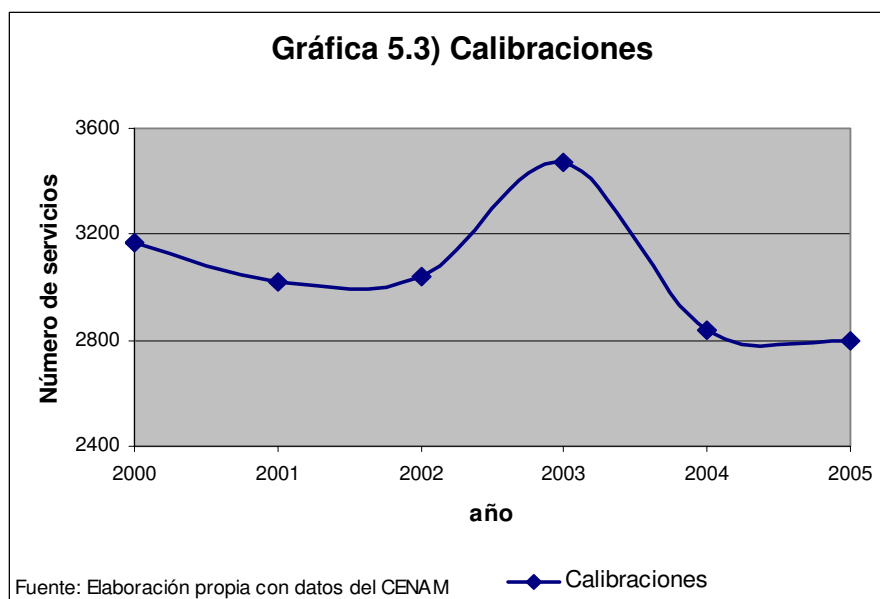


Las Gráficas 5.2 y 5.3) están en función de los datos presentados en la Tabla 5.13), por un lado se presenta de manera separada las calibraciones del resto de los servicios

tecnológicas, debido a la diferencia en el número y para observar con mayor detalle la tendencia del resto de los servicios.

De acuerdo a las tendencias mostradas en la Gráfica 5.2), se nota un incremento en la certificación de materiales de referencia, actividad que se asocia a la explotación de los recursos y capacidades existentes en el centro, en contraste con el desarrollo de materiales, en donde la tendencia es decreciente, es decir, las actividades en materia de exploración de nuevos materiales son cada vez menos.

En esta situación surge la interrogante sobre ¿Cual es la relación que tienen los ingresos respecto del fomento de actividades de exploración en esta área? Al igual que ¿A que se debe la gradual disminución del número de cursos impartidos durante la serie?



En este sentido, es importante resaltar que según la Tabla 5.12) entre todos los servicios especializados y otros no especializados que ofrece el CENAM, éstos conforman en promedio el 20 % de los ingresos del centro. En esta idea es relevante cuestionarse sobre si la política en este sentido es mantener este promedio o incrementar el promedio en la participación de los ingresos por la venta de servicios.

5.5.1 Otras Actividades Realizadas por el CENAM

Durante el periodo 2000 a 2005 se autorizaron y publicaron en el DOF (Diario Oficial de la Federación) treinta y cinco patrones nacionales (Ver Tabla 5.14), la mayor parte son del tipo primario y otros solo sistemas primarios, así, también se desarrollaron 154 materiales de referencia distribuidos en diferentes industrias y se certificaron 1349 materiales de referencia entre de nueva creación, repositorios para inventarios y a solicitud de laboratorios secundarios y otros usuarios. Los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico se dividen entre internos, para laboratorios secundarios, institutos de investigación, sector industrial y de servicios.

Tabla 5.14) Número de actividades realizadas por el CENAM durante el periodo 2000-2005	
Actividad	Cantidad
Patrones publicados en el DOF	35
Comparaciones nacionales	56
Proyectos de investigación y desarrollo tecnológico	127
Desarrollo de materiales de referencia	154
Comparación de patrones nacionales a nivel internacional	171
Conferencias técnicas	273
Participaciones en congresos	414
Evaluaciones de laboratorio	656
Participaciones en reuniones, comités y foros de normalización	911
Dictámenes de trazabilidad	1314
Materiales de referencia certificados	1349

Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM; Quinto informe de labores

De los datos presentados en la Tabla 5.14), se aprecia una gran actividad en los dictámenes de trazabilidad y certificación de materiales de referencia que se distribuyen entre empresas de diferentes industrias, laboratorios secundarios, propios del centro y otros usuarios. Por otro lado, las actividades de difusión principalmente están concentradas en la participación en foros, reuniones, comités y en menor proporción en congresos y conferencias técnicas con solo 273 en el periodo.

Sin embargo, haciendo un contraste entre las actividades presentadas en la Tabla 5.14), se observa que las actividades asociadas a prácticas de exploración como: desarrollo de materiales de referencia y proyectos de investigación y desarrollo se presentan en menor cantidad en comparación con las asociadas con la explotación de capacidades existentes como lo son los dictámenes de trazabilidad y certificación de materiales de referencia.

El contraste entre el número de actividades de exploración y explotación puede ser significativo en el sentido de que, el poco personal con que cuenta el centro esta involucrado en actividades de explotación, lo cual justifica la poca actividad en actividades de exploración. Sin embargo también puede considerarse como un equilibrio entre actividades con el propósito de mantenerse en el corto y largo plazo dada la infraestructura. En este sentido surge la interrogante sobre cual sería el óptimo de actividades a realizar para mantener un equilibrio entre actividades de exploración y explotación en relación con la infraestructura, capacidades existentes e ingresos.

5.5.2 Proyectos Destacables Realizados por el CENAM (2000-2005)

Dentro de los proyectos de investigación y desarrollo tecnológico existen algunos que destacan por su magnitud, extensión o contribución durante el periodo 2000-2005 (Ver Tabla 5.15), como los realizados principalmente con empresas del sector automotriz y algunas paraestatales como PEMEX y la Comisión Nacional del Agua, que se caracterizan por requerir de mayores recursos y de mayor complejidad tecnológica.

De la información contenida en la Tabla 5.15), y con respecto al marco teórico, se deduce que el rubro de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico alberga en su mayor parte a actividades asociadas a la exploración, es decir, algunos los trabajos efectuados son mejoras incrementales o contribuciones metrológicas a la industria nacional.

Pero también es importante observar que, los desarrollos tecnológicos se realizan principalmente con empresas de base tecnológica, en este caso es valido cuestionarse ¿Por qué no existen proyectos destacados con pequeñas empresas nacionales? ¿Cuáles son las

relaciones que realmente están coevolucionando? ¿Existe alguna relación entre el tamaño de la empresa o capacidad tecnológica con respecto a la magnitud del proyecto?

Tabla 5.15) Proyectos realizados que destacan por su importancia:		
Empresa	Proyecto	Logros
<i>Volkswagen de México</i>	Proyecto para el cumplimiento de los requisitos técnicos de la norma ISO/IEC 17025 en sus laboratorios de calidad. Atendido vía la Red MESURA Interinstitucional, con la participación de cuatro centros CONACYT liderados por el CENAM.	Se recibió el reconocimiento <i>Cooperative Applied Research Award México</i> (CARAM 2003) del Instituto Alemán AKJ y el ITESM y de él se derivaron proyectos como el diseño y fabricación de un patrón de par torsional
<i>General Motors de México.</i>	Proyecto para los laboratorios de calibración y pruebas en el Centro Regional de Ingeniería de México, atendido por la Red MESURA Interinstitucional.	Se han detectado posibilidades de innovación en la fabricación de equipo y en la certificación de una pista nacional de pruebas
<i>Comisión Nacional del Agua.</i>	Proyecto para el aseguramiento metrológico de la planta potabilizadora de agua del Sistema Cutzamala, que abastece de agua a más de 5 millones de personas en la zona metropolitana.	La planta logró su certificación con el apoyo del CENAM y los centros de la Red MESURA en un tiempo récord de cinco meses, culminando el 12 de diciembre de 2003.
<i>PEMEX Exploración y Producción (PEP)</i>	<i>Región Marina Suroeste (RMSO), sistema de calidad Proyecto Intragob.</i> Para desarrollo del proyecto se firmó un convenio marco PEPCENAM, realizado por el Programa MESURA y la Red.	Con la aplicación del programa y derivado de las recomendaciones realizadas, PEP-RMSO ha invertido en sus laboratorios internos más de 15 millones de pesos. Esta inversión apoyará sus capacidades científicas y tecnológicas
<i>Instituto Federal de Investigación en Materiales y Pruebas de Alemania</i>	Desarrollo de materiales de referencia certificados de hidrocarburos aromáticos policíclicos en suelo, en colaboración con el instituto.	Este material fue desarrollado para realizar una prueba de aptitud de los laboratorios de la red de PROFEPA que verifican la conformidad con las normas ambientales.
NI	Desarrollo de un patrón primario de frecuencia de haz térmico de Cesio-133 bombeado óptimamente.	Este patrón, presenta niveles de incertidumbre de dos partes en 1013 y permite la calibración de los mejores patrones comerciales.
<i>Volkswagen de México</i>	Desarrollo de Patrón de par torsional.	Es un logro importante para la diseminación de esta magnitud, la cual es de gran importancia para la industria automotriz
NI	Modernización de un medidor industrial de dureza Rockwell.	Este medidor contribuye a asegurar la confiabilidad de las mediciones de una propiedad ampliamente usada en la industria para verificar la funcionalidad de los componentes metálicos.
CENAM	Sistema de dosimetría óptica	NI
CENAM	Habilitación del laboratorio de soldadura de superficie	NI
<i>Volkswagen de México</i>	Desarrollo de un equipo de ultrasonido por inmersión	Es un logro importante para la diseminación de esta magnitud, la cual es de gran importancia para la industria automotriz

Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM

NI: no se cuenta con esta información

5.6 El CENAM y las prácticas exitosas

El centro tiene un sistema de calidad que permite al personal proponer mejoras, que pueden ir desde la forma de gestionar algo hasta la mejora de una práctica, en este sentido, ésta se

expone y el encargado del sistema o el grupo de calidad le dan seguimiento según la magnitud de la propuesta. En esta dirección, el CENAM esta implementando un banco de información, con el objeto de que los conocimientos no se pierdan, es decir, que las experiencias que se deben repetir o no, se queden codificadas, para que se puedan reproducir o potenciar a la postre.

De esta manera, las mejoras deben estar justificadas, por ejemplo: señala el Dr. S. Echeverría⁵⁴ –“si es un proceso determinístico se valida científicamente y se somete a pruebas en laboratorio y si es probabilístico se valida con pruebas de ISO (Organización Internacional de Estandarización), que tiene una familia de guías (ISO 34) que hablan de todos los procesos, como determinar el tamaño de muestra, límites de control y prueba de hipótesis y luego entran los cualitativos”, en este caso, para situaciones como formatos inicialmente se aplica y si no da resultado se vuelve a modificar.

Como el trabajo que realiza el centro es técnico-científico la parte de laboratorios se comprueba con leyes físicas y a medida que se incrementa la complejidad van buscando otros indicadores. Así, cuando el personal del CENAM resuelve exitosamente los problemas, se abordan en dos formas:

1. La primera es un intento de estandarizar y codificar el evento, en esta idea, el Dr. S. Echeverría⁵⁵ señala que: –“Se realizó una guía de incertidumbre y trazabilidad con la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación),..., se puede consultar en la página del BIPM,..., ahí se trata de estandarizar lo que ya quedó probado a disposición del mundo.”

En este contexto, esta información tiene relación con el ciclo de Nooteboom (2000), en donde a partir de la variedad de contenido surge un producto o práctica exitosa que se codifica con el propósito de estandarizarla y reproducirla para su adecuada

⁵⁴ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

⁵⁵ *Ibid*

explotación, que finalmente se convierte en un diseño dominante, en este sentido, la solución exitosa se consolida sin cerrarse a la variedad de contexto.

2. La segunda consiste en buscar nuevas aplicaciones de las prácticas exitosas en contextos diferentes, en este sentido, comenta la Lic. G. Rivera⁵⁶, la filosofía es ocupar los recursos, como puede ser la modificación de la estructura de un curso para adaptarlo a otro o –“En cuanto a prácticas de medición,..., lo mismo que aplican en una medición específica en VW lo utilizan en FORD, en cuanto a proyectos, lo que se hizo en VW en relación a la arquitectura del desarrollo se utilizó para otro similar en pruebas efectuadas en Condumex.”

Siguiendo con la relación del ciclo de Nootboom (2000) con la información presentada, se observa que ésta segunda forma de abordar las soluciones exitosas tiene gran similitud con elementos que caracterizan a la etapa de generalización propuesta en el ciclo exploración/explotación.

Con esta referencia teórica, se puede argumentar que la práctica exitosa pasa a un terreno de variedad de contexto, es decir, después de que se generaliza la práctica exitosa se empieza a diferenciar, esto es, se le realizan modificaciones para adaptarla a nuevos ambientes tecnológicos, como el caso VW-Condumex arriba expuesto.

5.7 Limitaciones del CENAM.

A pesar de la capacidad tecnológica que pueda tener una empresa o centro de investigación siempre existen situaciones nuevas e inesperadas que, generalmente exigen de un esfuerzo adicional en diferentes líneas como en lo científico, tecnológico, financiero, información, contactos, etc., y en este campo el CENAM no es la excepción.

En esta idea, existe un porcentaje de la infraestructura y recursos humanos en el centro que no se involucran en los servicios de forma regular, es decir, no están en acción todos los

⁵⁶ Entrevista al Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

días, sino que permanecen en el centro para responder a algún problema inesperada como puede ser el caso de una contingencia nacional en materia de medición, entonces, es cuando se hace uso de esa capacidad excedente.

Sin embargo, hay aspectos en donde otros centros internacionales son muy superiores, señala el Dr. S. Echeverría⁵⁷ –“Por ejemplo el NIST⁵⁸ cuenta con 3000 personas el PTB⁵⁹ con 3000 y el NPL⁶⁰ con 800, cual es la diferencia? una es el área de materiales en donde se realiza mucha investigación en otros centros, lo que aquí esta muy limitado y otra área es la exploración de nuevas tecnologías, aquí nos dedicamos y estamos a la vanguardia en cuanto a la demanda pero no tenemos mucho margen para estar investigando sobre las nuevas tecnologías, no tenemos ese *surplus* necesario para ir más allá, al final ponemos al servicio de las empresas lo mejor que tenemos.”

Esto implica que los otros centros de metrología están trabajando en nuevos desarrollos, nuevos métodos, en patentes, en lo que será la tecnología dentro de cinco años, continua diciendo el entrevistado –“que estamos haciendo?, por un lado concientizar a la industria y al gobierno federal, que si quieren que México sea competitivo en esta área y se desarrolle una industria que no existe de instrumentos de prueba y medición, el gobierno tiene que invertirle al CENAM, duplicar la cantidad de personal; estará en el plan de desarrollo 2006-2012, y por el lado de la industria, esperemos que vean el área de oportunidad de desarrollo económico para poner empresas. En el NPL, NIST, PTB tienen muchos *spin offs* de empresas que fabrican instrumentación y que se han desarrollado a partir del centro de metrología, eso todavía no ocurre en México y se necesitarían esas dos cosas que el gobierno y las empresas inviertan.”

⁵⁷ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

⁵⁸ El *National Institute of Standards and Technology* (NIST) es el Instituto Nacional de Metrología de Estados Unidos.

⁵⁹ *Physikalisch-Technische Bundesanstalt* (PTB) es el Instituto Nacional de Metrología de Alemania

⁶⁰ *National Physical laboratory* (NPL) es el Instituto Nacional de Medición del Reino Unido (UK)

5.8 Geografía de la metrología

La metrología en México se encuentra geográficamente muy concentrada en algunos estados, existen laboratorios secundarios en el estado de México, Puebla, Querétaro y algunos en Guanajuato, que generalmente coinciden con las zonas de mayor concentración industrial y armadoras automotrices, sin embargo existen otros estados en donde no hay y además no existe tanta demanda como es el caso del Estado de Chiapas.

Una de las formas de operar del CENAM para reducir esta asimetría metrológica consiste en visitar zonas en donde existe concentración de empresas y desarrollar laboratorios secundarios ya sea en empresas, universidades, o centros de investigación de la región, como en el caso del corredor industrial de Altamira-Tampico en donde por cuestiones de demanda se fueron creando laboratorios en la iniciativa privada para dar servicio a PEMEX y sus proveedores.

Otro ejemplo es el de Guadalajara, en donde se desarrolló un laboratorio en la Cervecería Cuahutemoc Moctezuma (CCM) y ésta recomendó al centro con otras empresas del mismo grupo FEMSA para desarrollar otros laboratorios, en este sentido, por un lado el CENAM cumple con su misión de incrementar el número de laboratorios secundarios y fortalecer al Sistema Metrológico Nacional (SMN), y por el otro lado asiste y brinda un soporte permanente a dichos laboratorios.

Sin embargo señala el Dr. S. Echeverría⁶¹ –“Hay otras regiones como el caso de Monterrey donde la oferta no es suficiente,... actualmente estamos trabajando arduamente en Sonora con la Universidad de Sonora (UNISON) y algunos privados, el consejo estatal de ciencia y tecnología y la Secretaría de Economía para establecer un laboratorio en esa región.”

Como resultado de la escasa oferta metrológica en el Norte del país, algunas empresas en la frontera optan por calibrar sus instrumentos en EEUU, de igual forma, se presentan algunas situaciones oportunistas en donde algunos talleres de reparación ofrecen servicios de

⁶¹ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

calibración y pruebas sin tener la capacidad para realizarlos, situación que finalmente repercute en una producción de mala calidad.

Esta situación provoca que no se explote y desarrolle una gran cantidad de capacidades metrológicas, no solo por parte del CENAM sino también por el lado de las empresas, indistintamente del sector al que pertenezcan, es decir, la poca interacción que tiene el centro con las empresas del Norte del país, reduce las posibilidades de coevolucionar y realizar nuevos desarrollos metrológicos y trabajos conjuntos.

La poca interacción entre el centro y las empresas, desde la visión teórica que se está planteando en este trabajo, se traduce como un obstáculo que impide completar el ciclo de una práctica novedosa, es decir, la escasa relación entre CENAM-usuarios, disminuye las probabilidades de generalizar y diferenciar dicha práctica, y tal vez la de incorporar nuevos elementos provenientes de los nuevos contextos, a los procedimientos ya consolidados.

Otro fenómeno que comúnmente se presenta en las regiones con una concentración importante de empresas es el canibalismo como lo llamo el entrevistado (Dr. S. Echeverría), el cual consiste en ofrecer servicios de calibración más rápidos y económicos que otros laboratorios, lo que finalmente queda en una competencia de bajo nivel tecnológico.

5.9 Conclusiones

Después de establecer la parte de la metrología que esta a cargo del Centro Nacional de Metrología, se plantearon algunos aspectos como el objetivo, la misión, infraestructura y servicios que ofrece. También, en este capítulo se ha presentado la estructura general del centro y descrito de manera general las funciones que se realizan en cada una de las divisiones y direcciones en que está organizado el CENAM.

Se ha mostrado el nivel de ingresos y la situación financiera del CENAM durante los últimos cinco años, al igual que el número de servicios realizados en diferentes rubros y campos de la metrología, además de presentar algunos desarrollos y proyectos con carácter de sobresalientes por su magnitud y complejidad tecnológica durante el mismo número de años.

Finalmente se plantearon algunos aspectos que potencian o atenúan las actividades de exploración en sintonía con las de explotación como la relación que guarda el CENAM con las prácticas exitosas, las limitaciones del centro y la distribución geográfica de la metrología en México.

De esta manera se contesta a las preguntas iniciales. ¿De que parte de la metrología esta encargado el CENAM? ¿Cuál es el objetivo, misión y funciones del centro? ¿Cómo esta estructurado el centro? ¿De que forma obtiene recursos económicos el CENAM para mantenerse? ¿Cómo procede el CENAM ante sus éxitos, limitaciones y asimetría metrológica?

La información contenida en el capítulo permite valorar la relevancia que tiene para la industria nacional, la existencia y el buen funcionamiento del Centro Nacional de Metrología, además muestra una radiografía del CENAM que permite entender el funcionamiento y los procesos internos que se realizan para atender una necesidad metrológica.

En esta discusión, un elemento importante que finalmente repercute en todos los niveles, es la fuente y capacidad para obtener recursos económicos que permitan al centro introducirse con mayor holgura en nuevas áreas de investigación y reforzar las ya existentes en beneficio de la metrología industrial nacional.

La relevancia que tiene este último aspecto, consiste en que puede brindar un mayor grado de libertad en las actuales actividades de explotación sin dejar de construir una plataforma que permita consolidarse en el largo plazo, es decir, realizar actividades de exploración en nuevos campos relacionados con las tecnologías de medición que se utilizarán en aplicaciones futuras.

En este sentido el CENAM esta realizando una fuerte campaña de concientización industrial, difusión y fortalecimiento del Sistema Metrológico Nacional con el propósito de dar a conocer la relevancia que tiene el contar con una fuerte y consolidada infraestructura metrológica nacional, que funcione como soporte industrial y plataforma de lanzamiento para incorporarse a nuevos desarrollos y nuevas actividades de exploración. Finalmente, con los datos presentados en este y los posteriores capítulos se validarán algunas conjeturas planteadas en la discusión final del estudio de caso.

Capítulo 6

MESURA

6.1 Programa MESURA

6.1.1 Objetivo

6.1.2 Consideraciones Para la Implantación del Programa

6.1.3 Etapas de la Metodología MESURA

6.1.4 Ciclo de la demanda MESURA

6.2 Red MESURA Interinstitucional

6.2.1 Elementos que Conforman a la Red MESURA Interinstitucional

6.2.2 Unidades MESURA

6.2.2.1 El Contrato de Franquicia

6.2.2.2 Protección de la Propiedad Intelectual

6.2.3 Distribución de Ingresos MESURA

6.2.4 Beneficios de la Red MESURA Interinstitucional

6.3 Casos de Éxito del Programa MESURA

6.3.1 PEMEX Exploración y Producción, Región Marina Suroeste

6.4 Exploración: Inteligencia Tecnológica

6.5 Conclusiones

Tabla 6.1) Principales elementos considerados por el Programa MESURA

Tabla 6.2) Principios que considera el Programa MESURA

Tabla 6.3) Etapas para la aplicación de la metodología MESURA

Tabla 6.4) Actividades realizadas en cada etapa del Programa MESURA

Tabla 6.5) Centros y Asesores por centro afiliados a la Red MESURA Interinstitucional (UMs)

Tabla 6.6) Formas legales de protección a los proyectos e la Red MESURA I.

Figura 6.1) Esquema de las cuatro etapas de la metodología MESURA

Figura 6.2) Ciclo de la demanda en MESURA

Figura 6.3) Red MESURA Interinstitucional

Figura 6.4) Distribución de los ingresos de MESURA

Capítulo 6

MESURA

Este capítulo tiene dos propósitos fundamentales, el primero, consiste en definir y describir de forma general al Programa MESURA, el segundo, pretende explicar lo que es y como esta estructurada la Red MESURA Interinstitucional, con la intención de brindar elementos que nos permita validar la coevolución de capacidades metrológicas entre el CENAM y usuarios del centro.

Las interrogantes conductoras de este capítulo son: ¿Qué es el Programa MESURA y la Red MESURA I.? ¿Cómo surgió el Programa y la Red MESURA Interinstitucional? ¿De que manera han contribuido a la creación de capacidades metrológicas el Programa y la Red MESURA I.? ¿Cuáles han sido sus principales logros?

En el desarrollo de este capítulo se intenta responder, entre otros, a los cuestionamientos arriba planteados, para esto, el capítulo se estructura en cuatro secciones, la primera, especifica que es y como surge el programa MESURA, de igual forma delinea los elementos, principios y etapas que lo sustentan, la segunda, explica lo que es y pormenoriza los elementos que conforman a la Red MESURA Interinstitucional, en la tercera sección se describe de forma general a los casos de éxito del programa MESURA y en la última sección, la cuarta, se define y detalla las actividades que realiza el equipo de Inteligencia Tecnológica en el CENAM.

6.1 Programa MESURA

Con la incorporación de México al libre intercambio de productos entre las naciones, la calidad de los bienes manufacturados y la competitividad de las empresas, se presentan como un factor decisivo en el incremento de las relaciones comerciales entre países. En este sentido, un elemento importante que contribuye a mantener y lograr la calidad de los productos y servicios es la medición.

Para consolidarse y dar coherencia al sistema metrológico nacional, el CENAM se apoya en distintas herramientas y estrategias, en esta idea, Echeverría, Mitani y Nava (2001) argumentan que son dos las más importantes en esta tarea, la primera, es la difusión y mejora de laboratorios secundarios de metrología y la segunda, que se describe más adelante, es la creación del Programa MESURA.

El programa MESURA, surge de la búsqueda previa, tanto en campo como en la bibliografía y en las mejores prácticas de otros países, para identificar opciones viables para ofrecer un paquete tecnológico integral en metrología en México. Antes de su escalamiento, la metodología se validó en 12 empresas de giros metal-mecánico y alimentario, después se comprobó su aplicabilidad en más de 60 empresas de diferentes sectores (Centro de Coordinación MESURA y Centro Nacional de Metrología, 2000).

El Programa MESURA, es un servicio de asesoría integral que contribuye al fortalecimiento de los sistemas de medición en las diferentes industrias y organismos que requieren garantizar la validez de sus mediciones. Está apoyado por una metodología⁶² que permite su aplicación sistemática y flexible de acuerdo con las necesidades del usuario. El programa, es desarrollado por un equipo de Consultores Generalistas que coordinan a un grupo de Consultores Especialistas en diferentes áreas de la metrología.

La estrategia de diferenciar a los consultores entre generalistas y especialistas surge a partir de encontrar dificultades para determinar la óptima solución para una problemática metrológica específica y disminuir el costo de la asesoría, es decir, en el pasado, para atender una necesidad o complicación metrológica en una empresa, se presentaba un especialista de cada dimensión involucrada para dar su opinión.

En este escenario, el centro opta por formar un grupo de asesores generalistas, que bien pueden ser expertos o no asociados a alguna magnitud metrológica para coordinan a los asesores especialistas, es decir, deciden que especialistas intervendrán en la solución y su decisión es a partir de considerar a todo el sistema o proceso como un conjunto.

⁶² Cabe señalar que dicha metodología se encuentra registrada por el CENAM.

6.1.1 Objetivo

El programa se diseñó como una estrategia que considera la situación actual del Sistema Metrológico Nacional con el objetivo de apoyar a los diferentes sectores productivos del país y todo tipo de instituciones que requieren de un soporte confiable para garantizar la validez de sus mediciones.

6.1.2 Consideraciones Para la Implantación del Programa

La implantación del programa considera sistemáticamente para toda actividad metrológica tres elementos principales (Ver Tabla 6.1): 1) personal, 2) instrumentación, 3) procedimientos, (Echeverría, Mitani y Nava, 2001). Estos aspectos se analizan y combinan para formar una infraestructura y conocimiento metrológico óptimo en las empresas que se implanta.

Tabla 6.1) Principales elementos considerados por el Programa MESURA	
Elemento	Tipo de Apoyo
1) Personal y sus competencias	Cursos de capacitación
2) Instrumentación, estándares y sistemas	Trazabilidad y caracterización
3) Procedimientos, <i>know-how</i> , y otras variables	Asistencia técnica y validación cuando se considera necesario

Fuente: Echeverría, Mitani y Nava 2001, pp. 80

Adicionalmente, para que el servicio que brinda el Programa MESURA este orientado a satisfacer las necesidades con las características de efectividad, eficiencia y viabilidad, se consideran los principios siguientes: Simplicidad, Continuidad, Unidad, Equilibrio, Economía y Factibilidad (Ver Tabla 6.2).

Tabla 6.2) Principios que considera el Programa MESURA	
Principios	Definición
Simplicidad	Se utilizan como bloques básicos a las actividades que ya realiza el CENAM, laboratorios de metrología del SMN*, SINALP**, sin generar nuevas actividades o innecesarias.
Continuidad	Continuidad a las cadenas que unen a los instrumentos de medición con un patrón reconocido, es decir, dar trazabilidad a las mediciones para reducir su incertidumbre.
Unidad	Busca minimizar las ineficiencias debidas al fortalecimiento excesivo de o en uno de los elementos con respecto a los otros, considerando que una correcta medición es la conjunción exitosa de varios elementos.
Equilibrio	Como todo proceso involucra una serie de variables críticas, el enfoque integral pide que estas sean abordadas en su conjunto para que los efectos de la mejora en una no sean diluidos por los defectos de otra no atendida.
Economía	Considera la relación costo-beneficio y la óptima utilización de los recursos que se obtienen al balancear los elementos metrológicos y abordarlos de manera integral.
Factibilidad	La viabilidad y rentabilidad del Programa MESURA se logra en virtud de que, obtiene un diseño a la medida de sus necesidades a partir de las condiciones presentes de la empresa.

Fuente: Elaboración propia con datos de http://www.simet.gob.mx/principios_pm.htm (30-Jun-2006)

* Sistema Metrológico Nacional (SMN)

** Sistema de Calidad y Acreditación aplicados a Laboratorios de Pruebas (SINALP)

En la lógica de considerar la incorporación de los elementos y principios presentados en la Tabla 6.1 y 6.2) a las prácticas metrológicas, es inminente una coevolución entre el CENAM y usuarios, en este sentido, el apoyo que reciben los usuarios con la implantación del Programa MESURA los coloca en una nueva posición metrológica, es decir, incrementan la competencia en la solución de problemas debidos a errores de medición, en otras palabras, se incorporan al ciclo exploración/explotación en su fase de consolidación con la posibilidad de trascender a una variedad de contexto.

Bajo esta misma lógica, el beneficio que obtiene el CENAM consiste en que generaliza y diferencia las prácticas ya existentes al ofrecer diseños metrológicos a la medida de las necesidades del cliente, es decir, combina actividades de explotación con la exploración de nuevos ambientes metrológicos, situación elemental para la realización de innovaciones incrementales que pueden conducir a nuevos desarrollos metrológicos.

6.1.3 Etapas de la Metodología MESURA

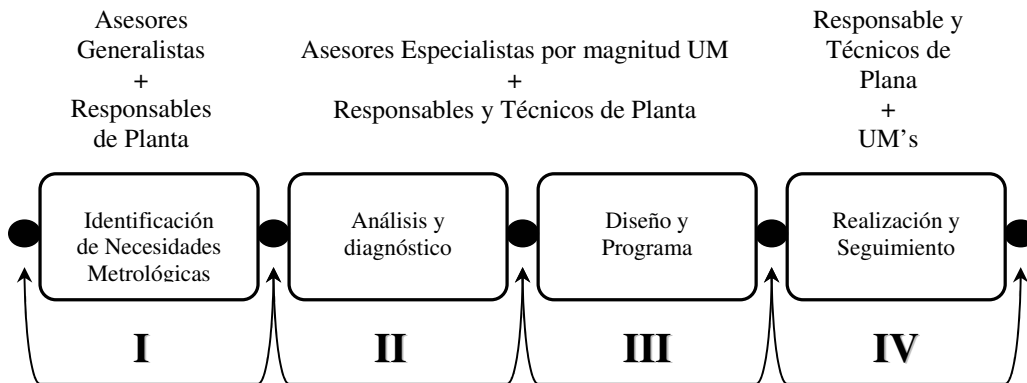
A nivel práctico, en cualquier servicio o proceso de consultoría, a los elementos y principios del programa (Ver Tabla 6.1 y 6.2) se les da seguimiento en todo el proceso de implantación del Programa MESURA a través de cuatro etapas (Ver Tabla 6.3), que son las fases en que se desarrolla la asesoría metodológica.

Tabla 6.3) Etapas para la aplicación de la metodología MESURA	
Etapa	Contenido
I	a) Identificación de las necesidades metrológicas b) Inventario de los recursos metrológicos disponibles
II	a) Análisis y cartas de trazabilidad b) Diagnostico de las necesidades de medición para cada variable
III	a) Diseño del sistema metrológico óptimo, a la medida de las necesidades b) Programa de actividades para consolidarlo
IV	a) Realización de las actividades recomendadas b) Mantenimiento y mejora continúa del sistema metrológico

Fuente: Elaboración propia con datos de: Echeverría, Mitani y Nava (2001), pp. 81

Las etapas del Programa MESURA se llevan a cabo de acuerdo a la secuencia de la Figura 6.1), la cual muestra el nombre de la etapa y el grado del personal encargado de realizar las tareas contenidas en las fases, es decir, ejecuta las actividades por etapa presentes en la Tabla 6.4)

Figura 6.1) Esquema de las cuatro etapas de la metodología MESURA



Fuente: Esquema presentado en <http://www.simet.gob.mx/etapas.htm>

Debido a la búsqueda de un equilibrio entre las actividades de exploración y explotación para cada una de las etapas del programa, es valido decir que existe una relación importante entre las etapas del programa y las etapas planteadas en el ciclo de exploración/explotación de Nooteboom (2000).

La relación consiste en que para cada caso en particular, se parte de una masa de prácticas, creencias e infraestructura metrológica que requiere de la selección de las mejores rutinas, con el propósito de realizar diseños metrológicos a la medida de las necesidades del cliente, es decir, iniciar el proceso de estandarización o consolidación.

Tabla 6.4) Actividades realizadas en cada etapa del Programa MESURA		
Etapa	Nombre	Actividades
I	Levantamiento e inventario	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigación y registro de los requerimientos de medición de la planta. 2. Inventario de los recursos metrológicos de la planta (Instrumentos, Procedimientos y Personal), 3. Verificación de las características técnicas (Magnitud, intervalo e incertidumbre).
II	Análisis y Diagnóstico	<ol style="list-style-type: none"> 1. Organización y jerarquización metrológica de los elementos de medición, conforme a niveles de incertidumbre. 2. Generación de carta de trazabilidad por magnitud 3. Análisis de continuidad en cadena de trazabilidad 4. Análisis de adecuación entre recursos y necesidades 5. Identificación de las áreas de debilidad o posible mejora en los sistemas metrológicos de la planta
III	Diseño y Programa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinación de la estructura óptima para los sistemas de medición de la empresa, en base a requerimientos técnicos y costo. 2. Negociación técnica del diseño con personal de la empresa. 3. Determinación de actividades necesarias y especificaciones técnicas claras de los requerimientos. 4. Establecimiento de una secuencia calendarizada de actividades.
IV	Realización y Seguimiento de actividades	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de las actividades especificadas en el programa <ol style="list-style-type: none"> a. equipamiento y calibraciones b. desarrollo y actualización de procedimientos c. capacitación y entrenamiento de personal 2. Confirmación metrológica por el responsable del sistema metrológico en planta. 3. Registros y conciliación con los planes de calidad.

Fuente: Elaboración propia con datos de: Centro de Coordinación MESURA y Centro Nacional de Metrología (2000), pp. 8.

En esta idea, para realizar el diseño metrológico es necesario diferenciar o adaptar las prácticas ya sistematizadas por el CENAM en combinación con las ya existentes en la empresa, es decir, se combinan actividades de explotación y exploración en un marco de generalizar las tareas ya consolidadas.

Finalmente se mantiene en una filosofía de mejora continua, es decir, después de consolidar y generalizar las prácticas, el centro se concentra en la búsqueda de hacer en forma diferente las cosas, lo que inminentemente conduce a la fase de reciprocidad con las mejoras incrementales mejoras incrementales y retroalimentación que pueden o no conducir a cambios radicales.

6.1.4 Ciclo de la demanda MESURA

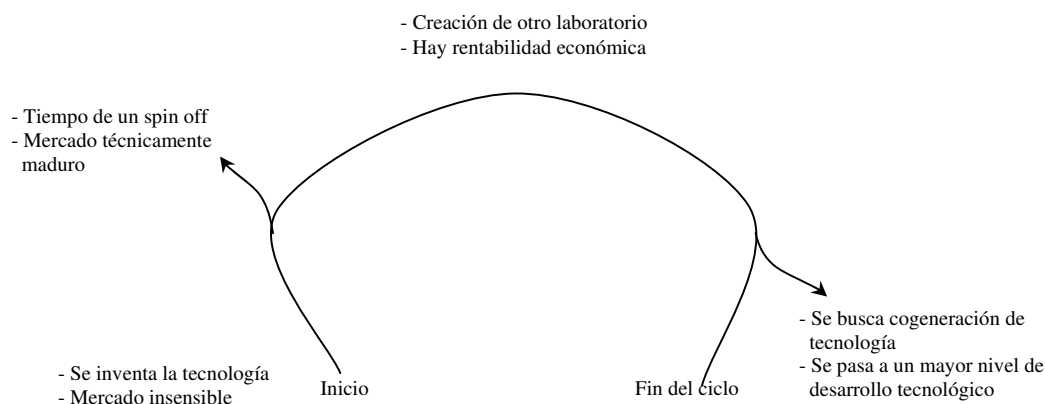
Una de las funciones del CENAM es colaborar para que el sistema metrológico nacional incremente el número de laboratorios secundarios con la finalidad de que satisfagan la demanda de servicios *commodities*⁶³, es decir, servicios puntuales y específicos, que es donde hay más demanda.

Al CENAM le interesa vender el *know how* pero, ofrecerlo es una tarea difícil y abstracta, sobretodo para que las empresas lo entiendan, para este propósito el centro requiere de algunos elementos de soporte como los laboratorios secundarios. De esta forma, para que el centro adquiera un mayor nivel de desarrollo tecnológico y pueda emprender nuevos proyectos, debe disminuir la realización de servicios *commodities* e incrementar actividades que generan mayor valor agregado.

En esta idea el ciclo de la demanda MESURA (Ver Figura 6.2), planteado por el Dr. S. Echeverría, es la concepción de las diferentes etapas por las que pasa una nueva tecnología metrológica, iniciando por el surgimiento de la tecnología para la cual no existe un mercado real, es decir, el mercado es insensible, y se inicia todo un periodo de inversión en desarrollar, sensibilizar al mercado y dominar la tecnología hasta un punto en el cual el mercado es real y se considera que es tiempo para crear un *spin off*.

⁶³ Servicios especializados o básicos que pueden ser desarrollados o realizados por un laboratorio secundario. Entre algunos servicios se encuentran la calibración de instrumentos de medición, calibración de patrones, pruebas de materiales, etc. www.fsd.org.pe/normas/glosario.htm

Figura 6.2) Ciclo de la demanda en MESURA



Fuente: Elaboración propia con planteamiento del Dr. Salvador Echeverría

A partir de ahí, señala el Dr. S. Echeverría⁶⁴ –“Algunos metrólogos se independizan para crear sus propios negocios debido a que ya hay rentabilidad en esa tecnología, al igual que surgen nuevos laboratorios secundarios para satisfacer la demanda”, y el CENAM ya no se ocupa de esa demanda que ya está cubierta, por lo que puede pasar a un nivel mayor de desarrollo tecnológico para iniciar un nuevo ciclo con otra tecnología.

6.2 Red MESURA Interinstitucional

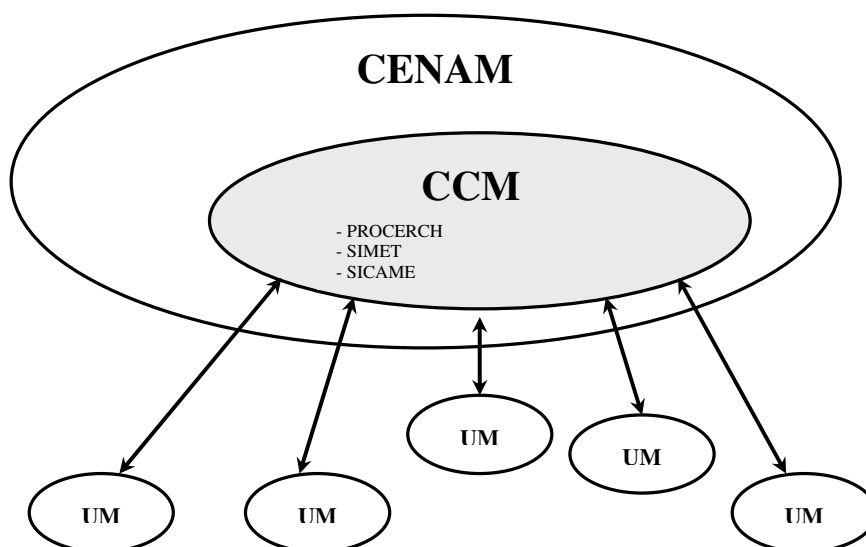
Continuando con la descripción de la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM como resultado de la constante interacción y necesidades planteadas por los usuarios del centro, así, como de los retos globales en materia de medición, uno de estos grandes cambios que ha dejado vestigio en el incremento y creación de nuevas capacidades metrológicas del CENAM y SMN, ha sido la puesta en marcha de la Red MESURA Interinstitucional.

La Red MESURA Interinstitucional empezó a operar de manera formal a partir del año 2000 y es una organización que cuenta con un Centro de Coordinación dentro del CENAM,

⁶⁴ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

formada por un pequeño número de asesores en metrología que coordinan y se apoyan de otros laboratorios de metrología que están establecidos como Unidades MESURA⁶⁵ (UM). Estos operan de acuerdo a la metodología MESURA y juntos ofrecen programas de transferencia tecnológica a la industria.

Figura 6.3) Red MESURA Interinstitucional



Fuente: Figura tomada y modificada de <http://www.simet.gob.mx/informacion.htm> (30-Junio-2006)

En general, la Red MESURA se creó para optimizar los recursos metroológicos por medio de una acción coordinada y el uso eficiente de las herramientas metodológicas, mediante la codificación de los procesos y el establecimiento de mecanismos para permitir que otros Centros apliquen el Programa. En consecuencia, se incrementa la cobertura territorial y con ello las capacidades al disponer de la infraestructura de las instituciones afiliadas a la red, ofreciendo un mayor soporte a la sociedad en el campo de la metrología, promoviendo el mejor uso de la medición en las empresas y la mejora continua en la infraestructura metroológica.

⁶⁵ Las Unidades MESURA son personas morales que se han afiliado a la red para brindar el servicio de asesoría MESURA de acuerdo a sus capacidades.

6.2.1 Elementos que Conforman a la Red MESURA Interinstitucional

La Red MESURA Interinstitucional cuenta con tres elementos principales que son:

1. Centro de Coordinación MESURA (CCM): es dependiente del CENAM y cuenta con una unidad de operación con funciones similares a las de una Unidad MESURA (UM) y con tres herramientas de apoyo para la administración de la red:
 - a. PROCERCH: es el Programa de Capacitación y Evaluación de Recursos Humanos y su objetivo es llevar a cabo los mecanismos necesarios para asegurar la competencia técnica y calidad del servicio que brinda el personal de la red. Mediante talleres, se enseña a redactar informes, a comunicarse en las distintas relaciones, cursos de internet, se da capacitación para realizar asesorías desde el punto de vista especialista y generalista. Se convoca a todo el personal del CENAM que desee tomarlo para el cual no tiene costo y es obligatorio para el grupo MESURA y al menos un representante de cada Unidad MESURA.
 - b. SICAME: es el Sistema de Calidad MESURA y son un conjunto de manuales, procedimientos y formatos que codifican la forma de aplicación y operación de la Red MESURA con la finalidad de garantizar la consistencia y congruencia del programa.
 - c. SIMET: es el Sistema de Información Metrológica que resguarda y registra los documentos, manuales, procedimientos y formatos del SICAME; brinda mecanismos de gestión entre el CCM y las Unidades MESURA, además, proporciona información de consulta sobre aspectos relacionados con la metrología.

2. Unidades MESURA (UM), pueden estar en laboratorios secundarios y otras instituciones; asesoran a la industria e instituciones en la validación de sus mediciones con base en la metodología MESURA (según el nivel autorizado), promueve la venta del Programa MESURA y proveen información metrológica a los usuarios. Existen tres tipos de Unidades MESURA (UM) con diferentes niveles de aplicación del programa de acuerdo a la infraestructura metrológica de la unidad:
 - a. CAM: Centro de Asistencia MESURA, cuenta con laboratorio de metrología, asesores especialistas y generalistas certificados; puede ejecutar y coordinar las 4 etapas del programa y está enlazado electrónicamente al CCM mediante el SIMET.
 - b. UAM: Unidad de Asesoría MESURA, no es necesario que cuente con laboratorio de Metrología pero debe contar con experiencia en consultoría sobre calidad; cuenta con asesores generalistas y puede ejecutar la etapa I y IV, así, como coordinar las etapas II y III; también esta enlazado electrónicamente al CCM mediante el SIMET.
 - c. PEM: El Puerto Electrónico MESURA puede consultar en línea información en el ámbito metrológico y canalizar servicios a otras UM y tiene enlace electrónico al CCM mediante el SIMET.
3. Asesores en metrología generalistas (AGM), especialistas (AEM) y de proceso (AEP) adscritos a el CCM o UM:
 - a. AGM: El Asesor Generalista MESURA tiene la función y capacidad de asesorar a la industria para encontrar las incertidumbres y los sistemas óptimos de medición de acuerdo a las necesidades y expectativas de la industria.

- b. AEM: El Asesor Especialista MESURA se requiere en al menos dos situaciones, primero, cuando el conocimiento de los datos del proceso es pobre en la etapa I y las variables críticas o límites de control no están claramente determinados y segundo, cuando el conocimiento del proceso es adecuado pero se necesita o desea mejorarlo. Se desempeñan en las etapas I-III hasta la estabilidad del proceso.
- c. AEP: El Asesor Especialista de Proceso se encarga de detectar nuevas oportunidades y determinar las acciones de mejora en los procesos en conjunción con el equipo de planta y metrologos asesores.

6.2.2 Unidades MESURA

El Centro de Coordinación MESURA (CCM) busca integrar a la Red MESURA Interinstitucional a instituciones con las que tiene contacto como pueden ser los Centros SEP-CONACYT, Tecnológicos, Universidades o Laboratorios privados, etc., con la finalidad de optimizar la infraestructura metrológica nacional e incrementar la cobertura del servicio para brindar un soporte metrológico de calidad a la industria.

Las instituciones u organizaciones afiliadas a la Red MESURA Interinstitucional se integran como Unidades MESURA (UMs) las cuales proveer apoyo tecnológico a la industria con la intención de elevar la calidad y productividad de las empresas, de esta forma, uno de los objetivos de la acreditación e incorporación de las UMs es hacer uso de la infraestructura metrológica, áreas y personal involucrado en los procesos de I&D del CENAM y centros que fungen como UMs.

Para compartir la metodología MESURA, el CENAM desarrollo una estrategia complementaria que consiste en establecer una red de laboratorios de metrología bajo un esquema de contratos de franquicia⁶⁶ que les permite autofinanciar las actividades

⁶⁶ Cada contrato cuenta con una vigencia de dos años.

metrológicas y atraer inversión privada a la red; fortaleciendo así, al Sistema Metrológico Nacional.

La red MESURA actualmente esta formada por científicos del CENAM y cinco instituciones con alta capacidad metrológica y liderazgo técnico (Ver Tabla 6.5), que transfieren tecnología de medición en forma integral a los diferentes usuarios por medio del programa MESURA.

Tabla 6.5) Centros y Asesores por centro afiliados a la Red MESURA Interinstitucional (UMs)			
UM		AGM*	AEM**
Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas	CIATEC	2	3
Centro de Ingeniería y desarrollo industrial	CIDESI	2	3
Centro de Tecnología Avanzada de Querétaro	CIATEQ	1	3
Centro de Investigación Científica de Yucatán	CICY	2	2
Centro Regional de Optimización y Desarrollo de Equipo de Celaya	CRODE	1	-

Fuente: <http://www.cenam.mx/transparencia/default.asp#> (30-Junio-2006)

* Asesores Generalistas MESURA

** Asesores Especialistas MESURA

La Red Mesura, es un ejemplo de consolidación de las prácticas ya sistematizadas en el Programa MESURA que mediante la incorporación de herramientas como el PROCERCH, SICAME y SIMET es como se han podido generalizar y explotar en otros contextos, es decir, mediante la conexión en red con otros Centros de Investigación, las capacidades generadas en el CENAM se han difundido en otros espacios y áreas en las que inicialmente el centro no tenía competencia y/o presencia.

Adicionalmente, para los usuarios esto representa una fuente de asesoría e información que contribuye a disminuir las diferencias territoriales entre el CENAM y los servicios que ofrece, ya que mediante la acreditación de laboratorios en las Unidades MESURA (UMs), que fungen como virtuales interfases, los usuarios tienen a su alcance un cúmulo de servicios y capacidades respaldadas por una red de Asesores Generalistas o Especialistas MESURA.

Finalmente, esto dibuja un panorama en donde las condiciones están dadas para que los usuarios coevolucionen junto con el CENAM y el SMN, por un lado, diferenciando lo ya existente y explorando nuevas formas y desarrollos metrológicos y por el otro lado, consolidando prácticas exitosas e implementando sistemas de mejora continúa.

En resumen, se puede argumentar que la Red Mesura Interinstitucional es la generalización de un soporte mínimo de capacidades metrológicas que consisten básicamente en la capacitación y evaluación de recursos humanos, sistemas de calidad y sistemas de información, que en términos proactivos son la base para involucrarse en nuevos proyectos y desarrollos metrológicos que pueden tener el carácter de radical en algún rubro o área de la metrología, sin atenuar la explotación de los recursos ya existentes.

6.2.2.1 El Contrato de Franquicia

Para regular la relación entre el CENAM y los otros miembros de la Red, se seleccionó el esquema de franquicias adaptado a la naturaleza de las instituciones participantes, como marco de interacción que permite a los miembros de la Red ofrecer paquetes tecnológicos ensamblados por diferentes instituciones y a la medida de la necesidad del cliente, con un mismo estándar y calidad técnica.

El objetivo de este esquema es potenciar las capacidades de las instituciones que conforman el Sistema Metrológico Nacional y que participan en la Red MESURA Interinstitucional mediante la acción conjunta y concertada, y el uso de herramientas metodológicas eficientes. Las principales ventajas del sistema de franquicias son las siguientes (Centro de Coordinación MESURA y Centro Nacional de Metrología, 2000):

- a) Es un concepto adecuado para las funciones requeridas y condiciones logradas del Programa.
- b) Fomenta el reconocimiento a la marca, servicios y productos.
- c) Permite lograr economías de escala.

- d) Permite ampliarse con asistencia profesional y apoyo constante.
- e) Permite una adecuada distribución de funciones, trabajo e ingresos.
- f) Fomenta la iniciativa y creatividad de cada miembro, sin deteriorar la calidad por competencia.
- g) Administrado adecuadamente, genera sinergia⁶⁷.

6.2.2.2 Protección de la Propiedad Intelectual

Para dar protección legal a la metodología y a los proyectos que conforman la Red MESURA Interinstitucional, el centro opto por las formas legales presentadas en la Tabla 6.6) que además muestra el estado de registro de cada uno de los proyectos que integran a la Red.

Tabla 6.6) Formas legales de protección a los proyectos e la Red MESURA	
Patente	No.
Derechos de autor	Los manuales y documentos de la Red se encuentran registrados como derechos de autor debido a la naturaleza de los mismos.
Secreto industrial	La metodología MESURA, por su naturaleza, se encuentra protegida como secreto industrial
Programa MESURA	Registro No. 542858 Tipo de marca: Mixta
Marcas de la Red MESURA Interinstitucional	Los trámites de solicitud para el registro de las marcas de la Red se iniciaron el 26 de marzo de 1999 en el Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual
SICAME	El trámite desde el 26 de marzo de 1999
PROCERH	El trámite desde el 26 de marzo de 1999
SIMET	El trámite desde el 26 de marzo de 1999

Fuente: Centro de Coordinación MESURA y Centro Nacional de Metrología, 2000, pp.49

6.2.3 Distribución de Ingresos MESURA

Desde la perspectiva del Centro de Coordinación MESURA (CCM) un problema importante por el cual es difícil crear redes en México se asocia a situaciones de riesgo

⁶⁷ La sinergia se logra, desde el punto de vista económico, dado que los nuevos franquiciatarios se convierten en parte de un todo que equivale a más franquiciantes, trabajarán en conjunto con la motivación de operar su propio negocio, pero aportando con su trabajo y éxito un beneficio colectivo para el franquiciante y los demás franquiciatarios del sistema (Centro de Coordinación MESURA y Centro Nacional de Metrología, 2000).

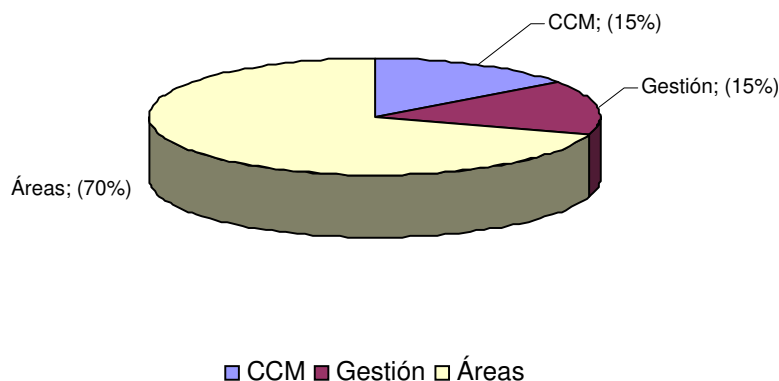
moral y oportunismo, en esta idea, señala el Dr. Salvador E. que en los inicios de la puesta en marcha de la Red MESURA Interinstitucional el CCM temía que al aliarse con empresas privadas hubiera posibles conflictos de intereses.

Sin embargo, ante tales incertidumbres y con la metodología registrada el CCM, se planteó que todo laboratorio de metrología que se uniera a la red tendría que firmar un contrato de franquicia, en el cual el CENAM se guarda el derecho de auditarlos, solicitar su cartera de clientes con la intención de conocer su solvencia moral, su capacidad, confiabilidad y reservarse el derecho de cobrarles el 15% (Ver Figura 6.4) de regalías en relación al precio del proyecto que realicen. Porcentaje que es utilizado por el CCM para la manutención del sistema de soporte y grupo de gestión que mantiene al SIMET, SICAME y PROCERCH.

En esta idea, las UMs que gestionan y venden algún proyecto, por este hecho, se adjudican otro 15% del valor del proyecto, y el 70% restante se divide entre las áreas técnicas que intervienen en la solución del problema. De esta manera, los centros incorporados a la red pueden subir nuevos productos a la cartera y cobrar su regalía por la explotación de este nuevo servicio, por ser dueños de la metodología.

Como parte de la estrategia, el CENAM tiene la facultad de establecer el precio en los proyectos, pero en los servicios *comodities* cada centro presenta sus capacidades y se hace una homologación de precios entre las Unidades Mesura, con el propósito de que haya cierta homogeneidad entre miembros de la red.

Figura 6.4) Distribución de los ingresos de MESURA



Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM

Una de las intenciones de la red es que todos los miembros o UM promuevan la cartera de servicios que ofrece MESURA con el objetivo de llegar al mayor número de empresas. Por este lado las áreas técnicas se benefician en dos sentidos, primero, hay una ganancia económica y tecnológica, segundo, los centros realizan proyectos canalizados por MESURA, sin embargo a pesar de estos incentivos existe poca actividad de la Red.

Hasta la fecha, como señala la Lic. Guadalupe Rivera⁶⁸ en solo una ocasión una UM ha logrado interactuar directamente con una empresa, es decir, ponerse en contacto, aplicar y negociar con el cliente, y hacer uso de la red. En los demás casos la red es la que participa con el CENAM, por ejemplo: en el 2004 CIATEC vendió un proyecto, en el cual interactuaron diferentes centros miembros de la red como: CIDESI, CENAM, CIATEQ, en donde se requirió diferentes capacidades de la red, para el caso específico del agua y alcantarillado de Nuevo León.

En resumen, a cinco años de la puesta en marcha de la red se puede decir que la participación de las Unidades MESURA en la captación de proyectos y desarrollos es

⁶⁸ Entrevista al Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

escasa, debido a que en solo una o dos ocasiones, como señala la Lic. Guadalupe Rivera, las UMs han realizado funciones⁶⁹ para las cuales fue creada la red.

En esta idea, a pesar de toda la infraestructura tecnológica y recursos humanos especializados con que virtualmente se apoya la Red MESURA Interinstitucional, surgen algunas conjeturas en torno a la poca actividad de las UMs como puede ser el que las diferentes UMs no encuentren los suficientes incentivos para hacerlo, que los contratos que median la relación no sean atractivos para las UMs o que no existan las adecuadas interfaces (confianza, capacidad negociadora, etc.) para realizar las conexiones.

6.2.4 Beneficios de la Red MESURA Interinstitucional

Uno de los beneficios por la creación de la red consiste en aumentar la capacidad de cobertura a todos los sectores, es decir, hacer llegar la trazabilidad del CENAM a regiones en las cuales no se tenía presencia, para ello, se vale de algunos centros de investigación que atienden a todos los sector y que al ser parte de la red como Unidades Mesura (UM) prestan el servicio.

Otro de los beneficios⁷⁰ que de la conformación de la red MESURA Interinstitucional consiste en que puede realizar no solo proyectos de metrología sino también otros proyectos ofrecidos por los centros miembros de la red y todos aquellos que puedan ser derivados de una necesidad metrológica, considerando siempre las capacidades de las UM miembros de la red, por ejemplo: proyectos de automatización, líneas de producción entre otros ofrecidos por el CIDESI.

6.3 Casos de Éxito del Programa MESURA

⁶⁹ Las funciones a las cuales se hace referencia son a las que realiza el CENAM, que consisten en ponerse en contacto, aplicar y negociar con el cliente, y hacer uso de la red.

⁷⁰ Para este caso, el beneficio es solo potencial debido a que no se encuentra con información sobre éste fenómeno.

El Programa MESURA ha sido aplicado en diversas organizaciones de distintos sectores, de las cuales destacan dos de ellas, por el éxito logrado y los beneficios obtenidos por la aplicación del programa: PEMEX Exploración y Producción (PEP), Región Marina Suroeste (RMSO), Dos Bocas, Tabasco y Volkswagen de México (VWM). Se describirá solo el primer caso, debido a que el segundo caso de éxito con VWM se abordará y profundizará en el Capítulo 8.

6.3.1 PEMEX Exploración y Producción, Región Marina Suroeste

El Programa MESURA se encargó del aseguramiento de la medición en el proceso de la RMSO, así, como de la trazabilidad requerida para respaldar los registros de medición. También se ocupó de establecer el sistema metrológico y las áreas para instaurar un laboratorio secundario de metrología, que de respuesta a los requerimientos del plan de negocios de PEMEX Exploración y Producción (PEP) y su programa sectorial de energía 2001-2006.

Debido a los resultados exitosos, actualmente se lleva a cabo la negociación de un Convenio Marco donde se aplicará el programa a otras tres regiones de PEMEX Exploración y Producción. Estos son algunos de los beneficios obtenidos con la aplicación del Programa MESURA en PEP:

- PEP cuenta ahora con el diseño de laboratorios metrológicos confiables, que contribuyen a la trazabilidad de sus equipos e instrumentos de medición.
- Actualmente PEP tiene sus propios patrones de referencia e instrumentos de trabajo que le dan trazabilidad a sus instrumentos de medición.
- El personal tiene la capacidad de verificar, medir y en algunos casos, calibrar sus propios instrumentos, reduciendo con esto costos y tiempos de disponibilidad, con buen nivel de confiabilidad.
- Gracias a la capacitación del personal, el cliente tiene confianza en los productos y servicios que recibe de PEP, ya que están basados en normas y métodos de medición confiables.

6.4 Exploración: Inteligencia Tecnológica

En el CENAM no existe un grupo específico o persona que se dedique de tiempo completo a explorar o monitorear lo que esta sucediendo en el ámbito nacional e internacional en materia de medición, lo que se encuentra en su lugar es lo que el Mtro. B. Valgañón⁷¹ definió como inteligencia tecnológica.

La cual consiste, en que todo el grupo MESURA se encarga de monitorear de manera aleatoria y sistemática lo que esta sucediendo en distintos lugares donde se desarrolla tecnología, haciendo énfasis sobre las necesidades que se están planteando y sobre algún asunto tecnológico que involucre alguna actividad dentro de la competencia del CENAM.

Sus fuentes de búsqueda e información van desde rumores en los sectores, publicaciones en revistas especializadas, *journals*, publicaciones, noticias, anuncios, páginas Web, foros de consulta, etc. Para los casos en que una noticia sea de relevancia para el CENAM, es decir, que represente una oportunidad de desarrollo se les da seguimiento con el apoyo de la coordinación y se evalúa su viabilidad.

En este sentido señala el Dr. S. Echeverría –“el CENAM como el NIST (*National Institute of standard and Technology*) de USA y otros centros internacionales están conectados en una red coordinada por el BIPM (Departamento Internacional de Pesas y Medidas)⁷²”, en donde los centros organizan foros de consulta con la intención de detectar problemáticas que codifican y publican, por lo tanto, al ver que otros centros, empresas o proveedores miembros de la red o no, tienen los mismos problemas se ponen en contacto con la intención de resolver conjuntamente esas singularidades.

Siguiendo con esta idea una de las estrategias de difusión del centro consiste en organizar foros, en los cuales puedan reunir a una buena cantidad de pequeñas empresas pertenecientes al mismo sector con procesos similares, con el propósito de hacer mesas de

⁷¹ Entrevista al Coordinador de Gestión MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

⁷² Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

trabajo en donde los participantes expongan cuales son sus necesidades, una muestra de ello han sido los foros consultivos de la Industria Automotriz organizados en Hermosillo, Puebla y Saltillo (2006), los foros de consulta del sector alimentario y del petróleo.

6.5 Conclusiones

Después de presentar una descripción general de lo que es el Programa MESURA y de cada uno de los elementos que lo conforman, se expuso el escalamiento de dicho programa, es decir, se describe la conformación de la Red MESURA Interinstitucional, al igual que una explicación detallada acerca de los elementos que regulan la relación entre UMs mediante un contrato de franquicia.

En este sentido, se explica como es la distribución de los ingresos vía Red MESURA, así como los beneficios de la red. Se mencionaron los casos de éxito del programa como el caso de PEMEX-RMSO y se describió lo que es Inteligencia Tecnológica y cuales son fundones.

Con esta información, se responde a las preguntas planteadas al inicio del capítulo ¿Qué es el Programa MESURA y la Red MESURA Interinstitucional? ¿Cómo surgió el Programa y la Red MESURA I.? ¿De que manera han contribuido a la creación de capacidades metrológicas el Programa y la Red MESURA I.? ¿Cuáles han sido sus principales logros?

Esta información sirve para analizar el grupo de proyectos que se realizan vía Programa MESURA o Red MESURA Interinstitucional y determinar la complejidad tecnológica que se involucra en cada uno de ellos. También se utiliza para evaluar la actividad de la red contrastando la infraestructura con que cuenta contra el número y magnitud de los desarrollos ejecutados.

La presión que ejerce por un lado la solicitud de los servicios por los usuarios y por el otro la situación metrológica nacional, ha llevado al CENAM a explorar nuevas formas de hacer llegar los servicios y satisfacer las demandas metrológicas nacionales. En este sentido, la

asimetría metrológica nacional ha llevado al centro a coevolucionar con dichas situaciones al grado de crear el Programa MESURA y posteriormente a la Red MESURA Interinstitucional.

Esto es una evidencia de coevolución entre usuarios y el CENAM, pues es válido decir que sin las primeras confusiones en la toma de decisiones sobre una óptima solución para algún caso en particular, no hubiera sido posible la sistematización en este proceder, es decir la creación del programa MESURA.

De igual forma la Red MESURA Interinstitucional no hubiera sido posible sin la previa existencia de la metodología MESURA, debido a que la Red opera de acuerdo a dicha heurística. Esto conduce a inferir que el programa, desde la perspectiva de nuestro marco teórico, ha trascendido de la etapa de consolidación a la generalización y diferenciación ya que ofrece soluciones a la medida de las necesidades del cliente, sin importar el sector industrial que lo solicite.

Resultado de ello es la conformación de la Red MESURA Interinstitucional, la cual, virtualmente ofrece la oportunidad de incorporar prácticas externas e ingresar a contextos diferentes en donde a partir de una necesidad metrológica conduce a realizar proyectos o desarrollos innovadores.

Sin embargo, contrastando los principios en que se soporta la Red MESURA Interinstitucional contra la evidencia presentada, es válido decir que los resultados han sido escasos, si se toma en consideración que la infraestructura y recursos humanos especializados con que en potencia cuenta la red es excepcional.

Finalmente esto nos lleva a cuestionar los términos bajo los cuales se presentan estos tratados o acuerdos de cooperación, en el sentido de que es posible que los incentivos no sean suficientes para poner en marcha a la red, o que no existan competencias en al menos tres vías:

- Que los centros no cuenten con la capacidad de negociar los proyectos o desarrollos tecnológicos con las empresas y entre centros o
- Que no existan los recursos financieros en las empresas para cubrir el valor que se asigna a los diferentes proyectos o
- Que no existan suficientes empresas que planteen un problema de tal complejidad que requiera del uso de una red como la descrita el desarrollo el capítulo.

Bajo este panorama, es útil pensar sobre que elementos adicionales o modificación de los ya existentes son necesarios para que las interacciones, en términos de proyectos o desarrollos, sean más frecuentes al interior de la red y que proporcionen un mayor grado de libertad, movilidad, flexibilidad, y complejidad en el nivel de relaciones y desarrollos tecnológicos, que desde la perspectiva teórica planteada, esto sería la consolidación de la red.

Capítulo 7

CENAM VS SECTOR AUTOMOTRIZ

7.1 Inicios en el sector automotriz

7.1.1 Incremento en el número de clientes del CENAM

7.2 Formas de Interactuar entre el CENAM y los usuarios del sector automotriz

7.2.1 Insatisfacción de usuarios del sector automotriz

7.2.2 Situaciones que disminuyen el nivel y frecuencia de interacción con el CENAM

7.2.3 Competencia

7.2.4 Formas de pago

7.3 Beneficio del CENAM y usuarios del sector automotriz: resultado de la relación

7.3.1 Generación y acumulación de conocimiento en el sector automotriz

7.3.2 La metrología como una tecnología transversal

7.4 Conclusiones

Figura 7.1) VINCULOS CENAM-USUARIO

Figura 7.2) Tecnologías transversales y radiales

Gráfica 5.2) Número de Servicios Especializados

Gráfica 5.3) Calibraciones

Capítulo 7

CENAM VS SECTOR AUTOMOTRIZ

Este capítulo tiene el objetivo de realizar una descripción general sobre lo que ha sido la relación entre el CENAM y los usuarios pertenecientes al sector automotriz, con el ánimo de presentar elementos que permitan confirmar que la evolución de las capacidades metrológicas por ambas partes de la relación responden a un proceso coevolutivo.

Las preguntas que se pretenden responder son: ¿Cómo fue el inicio de la relación CENAM-sector automotriz? ¿Cómo son las formas de interactuar entre CENAM-usuarios del sector automotriz? ¿Cuáles han sido los beneficios para ambas partes involucradas en la interacción? ¿En que forma se presenta el incremento de las capacidades metrológicas?

Para contestar al objetivo y cuestionamientos arriba planteados, el capítulo se ha dividido en cuatro secciones, la primera, principalmente describe los inicios de la relación CENAM-sector automotriz, la segunda, hace referencia a las formas en que se canaliza la interacción así, como algunos elementos que reducen la intensidad y frecuencia de la interacción, la tercera sección, aborda el tema de los beneficios obtenidos como resultado de constante interacción además de explicar como surge el conocimiento en las interacciones, finalmente se presentan las conclusiones.

7.1 Inicios en el sector automotriz

Se ha mencionado que el CENAM en sus inicios se interesó por el sector manufacturero en general, sin embargo, por motivos de estrategia, se orientó a las tres industrias de mayor participación en el Producto Interno Bruto (PIB), de esta forma, se ha puesto especial atención en algunos subsectores industriales como: la industria del petróleo y sus derivados, la industria de alimentos y la automotriz.

En este caso, el trabajo se concentra únicamente en la relación que existe entre la industria automotriz y el CENAM. De esta manera, se inicia presentando algunos datos que muestran la relevancia del sector automotriz, ya que genera aproximadamente 400 mil trabajos en promedio entre directos e indirectos que forman el 1.5% del personal ocupado nacional y 12% en el sector manufacturero, generando el 3% del valor agregado bruto nacional y 15% entre las manufacturas (Ver Anexo 2)⁷³.

La industria automotriz, además de su impacto a nivel nacional en cuanto a generación de empleos y en cuanto a su aportación al PIB, también se caracteriza por generar una cadena productiva lo suficientemente amplia que permite abarcar diferentes magnitudes⁷⁴. En el principio la atención se dirigió a los proveedores de las ensambladoras, es decir, a las empresas productoras de autopartes, debido a que las trasnacionales automotrices demandan a sus proveedores la trazabilidad a partir del CENAM y probar que los componentes solicitados cumplan con las exigencias metrológicas requeridas. Las magnitudes que son motivo de mayor interacción entre el centro y el sector automotriz son las de longitud, par torsional, y acústica

7.1.1 Incremento en el número de clientes del CENAM

Como parte de la misión que tiene el CENAM es atender a todos los sectores, el incremento en el número de clientes se ha ido dando en forma gradual, y lo podemos deducir a partir del aumento en el número de algunos servicios que ofrece el centro (Ver Gráficas 5.2 y 5.3) y de la cantidad de los servicios realizados en cada uno de ellos. Para el caso de servicios de calibración (Gráfica 5.3) durante el periodo 2000-2005 el promedio de servicios se mantiene alrededor de 3000 servicios por año, lo que habla de al menos una carga constante de usuarios en este rubro.

⁷³ Para profundizar en el tema, se recomienda revisar Juaréz (2005a,b).

⁷⁴ *Magnitud*. Atributo de un fenómeno, cuerpo o sustancia que es susceptible a ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente. (Hernandez, A., M., Fabela y M. Martínez, 2001). El Sistema Internacional de Unidades se fundamenta en siete unidades de base correspondientes a las magnitudes de longitud, masa, tiempo, corriente eléctrica, temperatura, cantidad de materia, e intensidad luminosa. A partir de estas siete unidades de base se derivan unidades asociadas a magnitudes tales como velocidad, aceleración, fuerza, presión, energía, tensión, resistencia eléctrica, etc.

Otro indicador para decir que el número de usuarios ha aumentado es el incremento en el número de patrones, desarrollo y certificación de materiales de referencia durante el periodo 2000-2005⁷⁵ (Ver Gráfica 2), es decir, el CENAM puede atender nuevos segmentos del mercado en los diferentes rubros en cuestión, lo que equivale a incrementar su cartera de clientes.

El proceso mediante el cual se ha dado el incremento de la cartera de clientes es el resultado de una ardua y constante campaña de difusión que se ha valido de diferentes mecanismos para llevar a buen término sus propósitos sobre fomentar la cultura metrológica dentro de las empresas.

Algunos de estos mecanismos van desde una simple recomendación, visitas a empresas, ferias, foros, internet, congresos y por que algunas empresas, en la búsqueda de solución a sus problemas acuden al centro en donde reciben una explicación sobre lo que el CENAM está haciendo dentro del sector y lo que puede hacer por las empresas en materia de medición.

Esta campaña de difusión, es un esfuerzo por explotar las prácticas ya acumuladas en combinación con la exploración de nuevos contextos con la intención de diferenciar las técnicas ya existentes, permitiendo que todos los usuarios del sector automotriz que lo deseen puedan incorporarse al proceso coevolutivo con la filosofía de mejora continua en materia de medición ofrecida por el CENAM.

Según los datos de las Tablas 5.2 y 5.3), se considera que el incremento en la cartera de clientes se ha dado principalmente dentro de los subsectores industriales del petróleo y sus derivados, productos alimenticios y automotriz. Debido a la falta de información no se presenta el número de clientes provenientes del sector automotriz en forma anual, pero

⁷⁵ El número de patrones y materiales de referencia, y otros rubros, que se incrementó en el periodo 2000-2005 se puede consultar en el Capítulo 5, Tabla 5.14) Numero de actividades realizadas por el CENAM durante el periodo 2000-2005

como una muestra del incremento en el número de clientes en esta industria se puede ejemplificar con el crecimiento y creación de un club de máquinas de coordenadas⁷⁶.

En esta idea, durante el Seminario Internacional sobre Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC) 2003, realizado en la Ciudad de México se hizo la presentación del Club Mexicano de Usuarios de MMC (CMU-MMC) a iniciativa del CENAM. Grupo que surge a partir de las necesidades expuestas por los usuarios de MMC, el cual cuenta con un sitio dentro de la web⁷⁷ del CENAM para asesoría, intercambio de información en beneficio de los usuarios y que pretende potenciar las capacidades metrológicas en esta área y por consecuencia la mutua evolución.

7.2 Formas de Interactuar entre el CENAM y los usuarios del sector automotriz

En la atención al cliente y por los principios fundamentales, pilares de la filosofía del CENAM, todos los usuarios que solicitan algún servicio son atendidos sin distinción, es decir, con el mismo nivel de calidad. También, es cierto que por la naturaleza del servicio o magnitud del proyecto que se presenta, el centro tiene la capacidad de identificar cuándo un cliente requiere mayor inversión en tiempo y conocimiento respecto de otro.

Existen empresas de la industria automotriz que se interesan únicamente en la calibración de sus equipos o ensayo de los componentes que fabrican, otras requieren de programas más integrales, por lo que se infiere que cada organización tiene una visión diferente de la metrología que puede o no estar en función de sus necesidades; por otro lado, también acuden laboratorios secundarios y empresas por la necesidad de calibrar sus instrumentos y patrones de referencia para cumplir con alguna normatividad en el marco de la metrología legal.

Como se observa, existen diferentes motivos por los cuales una empresa, laboratorio o instituto de investigación vinculado al sector automotriz o no, se acerca a solicitar un

⁷⁶ Las máquinas de coordenadas son instrumentos de medición con los cuales se pueden medir características geométricas tridimensionales de objetos en general y tienen una amplia utilización en el sector automotriz.

⁷⁷ Link al CMU-MMC <<http://www.cenam.mx/cmu-mmc/que%20son%20mmc.htm>> 7-Nov-06

servicio al CENAM. Sin embargo, básicamente existen dos modalidades en que las distintas organizaciones pueden interactúan con el centro, las cuales se describen de forma general (Ver Figura 7.1):

1. La primera consiste en una ventanilla o área de servicios a la industria, en donde llegan o se realizan solicitudes de servicios puntuales como puede ser la calibración de algún instrumento o patrón de referencia, asesoría en un caso específico, ensayo de alguna pieza, etc.

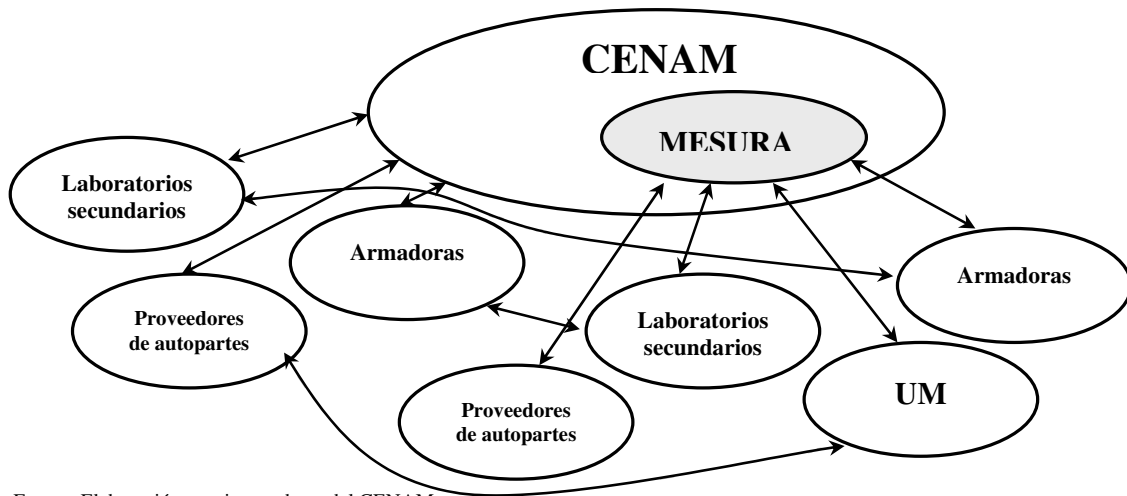
Además se caracteriza por que el área en donde se desarrolla el servicio se enfoca únicamente a su especialidad, es decir, no se requiere trabajo interdisciplinario para su realización, por lo que la atención es de carácter técnico, funcional y de explotación de los recursos e infraestructura existente.

2. La segunda forma de interactuar es mediante el programa MESURA (Ver Capítulo 6), es decir, cuando la solución del servicio, proyecto o desarrollo implica un mayor grado de complejidad en la relación de las magnitudes involucradas.

Este tipo de servicios son canalizados vía MESURA, debido a que se requiere que sean atendidos desde una visión integral, es decir, considerando al conjunto de magnitudes como un sistema. En este caso si el CENAM no cuenta con la especialidad de interés, se solicita a la UM que si lo ofrezca.

Finalmente, estas formas de interactuar, abren un abanico de interacciones que se pueden insertar en un proceso coevolutivo, propuestos en el capítulo 1), de acuerdo a la naturaleza de la relación, en esta idea, McKelvey (1997, p.360) distingue entre coevolución al interior de la empresa (microcoevolución) y coevolución entre empresas y su nicho (macrocoevolución).

Figura 7.1) VINCULOS CENAM-USUARIO



Fuente: Elaboración propia con datos del CENAM

En la Figura 7.1) se observan las interacciones entre el CENAM y distintos agentes como son armadoras automotrices, proveedores de autopartes y laboratorios secundarios en el sentido de macroevolución de McKelvey (1997, p.360), pero, también existe interacción de orden microevolutivo al interior de cada organismo como resultado de la presión competitiva seleccionista macroevolutiva (McKelvey, 1997; Cohen y Stewart, 1994).

7.2.1 Insatisfacción de usuarios del sector automotriz

El principal elemento de insatisfacción en los usuarios del sector automotriz se debe a que algunas áreas son más solicitadas que otras, lo cual provoca que se saturen de trabajo y no puedan brindar el servicio con la brevedad que el cliente requiere, tal es el caso del departamento que atiende a las Maquinas de Medición por Coordenadas (MMC).

Otro ejemplo de inconformidad hacia el centro, se presenta cuando una empresa u organización solicita algún curso urgente de capacitación o asesoría. Por el proceso a seguir para dar respuesta y por que a los especialistas encargados les toma al menos dos semanas en promedio la preparación del mismo, los solicitantes del curso tienen que esperar.

Como medida de solución a esta eventualidad, señala la Lic. G. Rivera –“los líderes de proyecto conocemos al cliente, sabemos que si les va a tocar un servicio debemos ir solicitando con tiempo al personal, a las áreas, para crear buenos grupos de trabajo, eso se da en todas las líneas con el sector automotriz”⁷⁸.

El costo también es un motivo de queja, por ejemplo, si una empresa no encuentra un laboratorio secundario que atienda su necesidad de calibración, ésta tiene que acudir al CENAM para atenderla. Entonces, en el centro los costos son más caros debido a que los puntos de calibración son más exactos, es decir, la incertidumbre es más baja y por que es más costoso mantener estables las condiciones del lugar.

7.2.2 Situaciones que disminuyen el nivel y frecuencia de interacción con el CENAM

Existen algunas situaciones particulares por parte de algunos clientes del sector automotriz que hacen que disminuya el nivel y frecuencia de la interacción Usuario-CENAM, por ejemplo:

a) Confianza en el proveedor

Algunas organizaciones del sector automotriz descansan su confianza sobre sus proveedores, es decir, no evalúan los insumos que les suministran por el hecho de tener cierto prestigio, recomendación o simplemente por provenir de algún país altamente industrializado como Japonés, EEUU, etc.

Esto conduce a las empresas a requerir soluciones puntuales y de corto plazo, y no realizar soluciones integrales que analicen todo el proceso y conduzcan a implantar las estructuras metrológicas adecuadas para inspección de materia prima, validación de diseño, etc.

⁷⁸ Entrevista al Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

b) Organización altamente burocratizada

Las distintas estructuras organizativas de las empresas del sector automotriz, sobre todo en el caso de las trasnacionales, a pesar de que tienen necesidades metrológicas, dependen de un nivel jerárquico al cual se debe persuadir, y en el caso de la firma de algún convenio o contrato dependen de otros departamentos para dar respuesta.

c) Dependencia tecnológica de la casa matriz

Ciertas empresas trasnacionales tienen una excesiva dependencia en cuanto a asistencia tecnológica respecto de su casa matriz que generalmente se encuentra en otro país.

Por ejemplo, una empresa de autopartes que produce baterías para coches, pretendía hacer algunos desarrollos metrológicos en México, sin embargo, la casa matriz con sede en Estados Unidos les informó que tenían que aguardar órdenes y formas de proceder.

Finalmente, estos aspectos redundan en costos para la empresa por que tienen que esperar disposiciones de su casa matriz y pérdida de interacción entre el CENAM-usuario lo que representa una disminución de desarrollos metrológicos potenciales.

d) Burocracia en la Administración Pública y falta de confianza

En esta idea, señala el Dr. Salvador E. –“Una situación que impidió que se realizaran algunos contratos con General Motors (GM) en el 2005 fue la excesiva burocracia y falta de confianza, debido a que gran parte del trabajo es llenar formas a las secretarías, además, como requisito para la aprobación se debe realizar una

consulta pública y todo conforme a la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios el Sector Público...hay mucha desconfianza...”⁷⁹ agrega.

Este es un ejemplo en donde la Administración Pública funge como un atenuador en las interacciones CENAM-empresa, en este sentido, es importante cuestionar, en que medida las dependencias de gobierno obstaculizan interacciones que pueden conducir a desarrollos metrológicos.

e) Autonomía tecnológica

Un ejemplo contrastante es el caso de VW de México (VWM), el cual cuenta con una autonomía tecnológica que le permite apropiarse de sus capacidades metrológicas, debido a ciertos desarrollos tecnológicos que ha realizado y que además no les hace perder fidelidad a su casa matriz sino todo lo contrario se vuelve una ventaja tecnológica para el corporativo.

7.2.3 Competencia

Se dice que no hay competencia que pueda ser motivo de alteración o alarma para la relación CENAM-usuario del sector automotriz, debido a que la capacidad del CENAM en cuanto a exactitud y número de dimensiones es mayor respecto a otros laboratorios, por ser el Centro Nacional de Metrología del cual parte la trazabilidad hacia todo el país

Sin embargo existen empresas y laboratorios secundarios que por estar más cerca de algunos usuarios del sector automotriz les ofrecen servicios parciales de capacitación, calibración, asesoría, etc., pero a pesar de estar perfectamente identificados no son vistos como competencia o motivo por el cual se disputen a los clientes.

El CENAM siempre ha estado conciente de que algo así ocurriría, por que además es obligación del centro crear más laboratorios secundarios con el interés de contar con una

⁷⁹ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

mayor cobertura metrológica nacional y poderse desenvolver en un nivel más alto de desarrollo tecnológico, es decir, realizar exploración e investigación en nuevos campos de la medición.

7.2.4 Formas de pago

Cuando se realizan trabajos puntuales canalizados por servicio a la industria, generalmente, el pago se realiza en una sola exhibición por ser un servicio no muy costoso, sin embargo, cuando se realizan proyectos vía MESURA, existe cierta flexibilidad en cuanto a planes de crédito.

El área encargada de tramitar el crédito es el departamento de crédito y cobranzas, de esta manera, el hecho de que un servicio se realice bajo este esquema no es sinónimo de que el nivel de atención será menor, sin embargo, también se presentan casos en los cuales el cliente es solvente como el caso de las armadoras transnacionales en donde por cuestiones de política interna suelen pagar 30 ó 60 días después de realizado el servicio.

Para completar esta información, en el caso de créditos a 30 ó 60 días se solicita un permiso especial a la Secretaría de Economía para brindar el nivel de crédito solicitado, situación que genera estrés en la administración pública, en especial cuando bloques de algún proyecto son transferidas a UMs.

En estos casos, el líder de proyecto solicita a las UMs el servicio, éstas le dan respuesta y se presenta la propuesta al cliente, en esta idea señala el Dr. S. Echeverría –“esto nos genera mucho estrés, en algunos casos hemos decidido canalizar bloques enteros, por ejemplo, una línea de producción se le manda a CIDESI y que él subcontrate a CENAM”⁸⁰.

⁸⁰ *Ibid.*

7.3 Beneficio del CENAM y usuarios del sector automotriz: resultado de la relación

Los beneficios obtenidos por los usuarios del sector automotriz como resultado de la interacción, principalmente consisten en que las empresas resuelven sus problemas de medición y obtienen certidumbre en lo que miden; los laboratorios secundarios, adquieren las condiciones para brindar los mejor servicios a sus clientes en la medida de sus limitaciones además de retroalimentarse, lo que les permite visualizar los retos que debe enfrentar la industria a futuro.

Los usuarios canalizados por MESURA, reciben una solución integral que les permite ver el por qué tienen un problema, es decir, visualizan las causas de ese inconveniente y cómo éste influye en la línea del proceso, en este sentido, se está en condiciones de erradicar el problema desde su origen y obtener una solución a largo plazo.

El beneficio principal para el CENAM es que cumple con su misión de dar trazabilidad a las mediciones, proporcionar servicios tecnológicos de la más alta calidad y resolver todo problema relacionado con la medición, y por consecuencia, contribuir al incremento de la competitividad del país, desarrollo sustentable y mejor calidad de vida para la población.

Otro de los beneficios para el CENAM, está relacionado con el conocimiento y experiencia que adquieren los especialistas y técnicos, al empatar la teoría con la metrología aplicada contenida en los diferentes procesos productivos de las empresas. En esta dirección, se abre una gama de posibles desarrollos para el control y mejora de los procesos, por lo que se genera un incremento de capacidades metrológicas por ambas partes, es decir, se presenta un proceso coevolutivo.

La interacción con los usuarios del sector automotriz permite que CENAM visualice los retos que debe enfrentar la industria automotriz a futuro y se prepare para abordarlos, por ejemplo, en el caso de la visión artificial⁸¹ que es una tecnología que empieza a introducirse

⁸¹ La Visión artificial, también conocida como Visión por Computador (del inglés Computer Vision) o Visión técnica, es un subcampo de la inteligencia artificial. El propósito de la visión artificial es programar un

en el control de los procesos, el centro actualmente esta estudiando y analizando dicha tecnología para encarar los retos que ésta plantee.

7.3.1 Generación y acumulación de conocimiento en el sector automotriz

La generación de conocimiento se presenta cuando los expertos se encuentran ante nuevos problemas en los que tienen que hacer nuevas asociaciones y combinaciones de su conocimiento, principalmente cuando realizan proyectos fuera del CENAM o desarrollan proyectos conjuntos con alguna empresa del sector.

Otra fuente de generación de conocimiento se presenta cuando se explora la relación que existe entre las nuevas tecnologías en su contexto de aplicación, como su actual y potencial relación con la metrología, por ejemplo, actualmente los Sistemas Micro-Electronico-Mecánicos (MEMS) están siendo explorados en su relación con la metrología y su contexto de aplicación en el sector automotriz.

Una de las formas de acumular el conocimiento proveniente de las actividades de exploración es mediante su codificación en artículos, manuales, libros, folletos y demás recursos bibliográficos o medios electrónicos. Pero también, parte del conocimiento tácito, se encuentra en el personal que realiza la parte práctica, por lo que es importante mantener y dar continuidad al trabajo del personal involucrado con el sector automotriz.

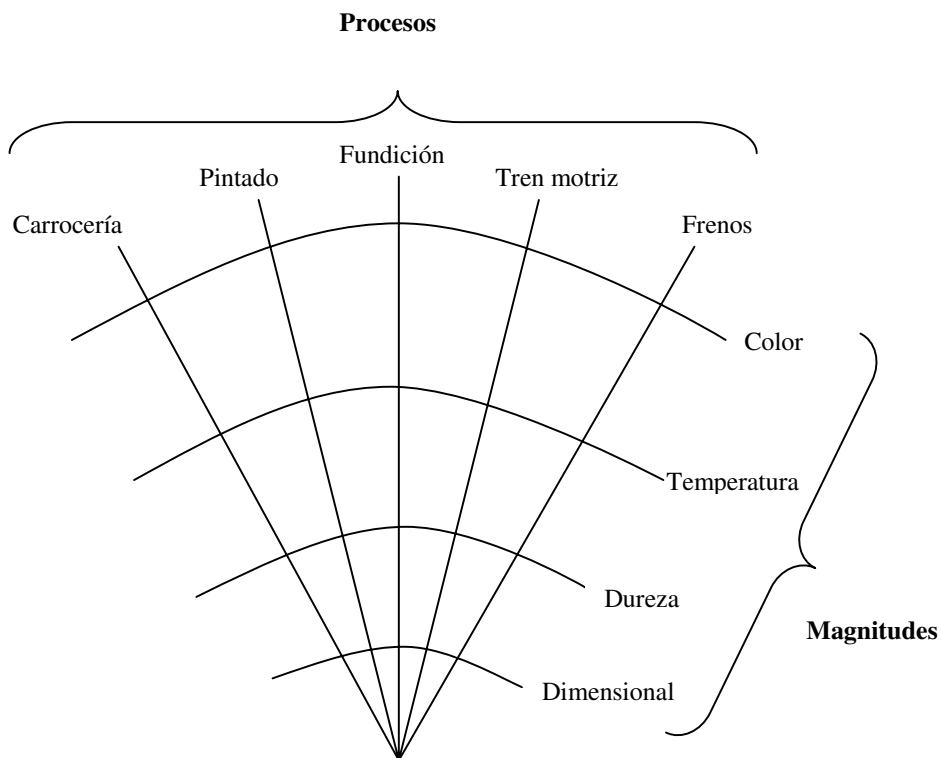
De esta manera, las capacidades metrológicas se conservan e incrementan y además, se socializan al interior del CENAM, apoyándose de las herramientas (PROCERCH, SICAME, SIMET) descritas en el Capítulo 6). Esto, finalmente se traduce en una coevolución de las capacidades metrológicas del centro y usuarios del sector automotriz.

7.3.2 La metrología como una tecnología transversal

En cuanto a los expertos de las magnitudes involucradas en el sector automotriz, cada uno es especialista de su materia, lo cual, abre la posibilidad de que participen en proyectos relacionados con distintos procesos, en este sentido, el hecho de que en un área haya más o menos demanda no es sinónimo de mayor o menor especialización.

Incluso, los líderes de proyecto involucrados en el campo automotriz invierten la mayor parte de su tiempo en el sector pero no son exclusivos de él, pues también participan en otras áreas, como señala G. Rivera –“se invierte en promedio al mes como el 75% u 80% en el sector automotriz y el resto en los otros sectores”⁸² y para el caso del Mtro. B. Valgañón argumenta que invierte en los sistemas de apoyo a MESURA y foros alrededor del 17%, pero lo que mas le consume tiempo son los proyectos del sector educativo para la difusión de la metrología, como el 60%.

Figura 7.2) Tecnologías transversales y radiales



Fuente: Elaboración propia con explicación del Dr. S. Echeverría, 12-Jun-06, Querétaro, Qro.

⁸² Entrevista al Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

En el sector automotriz existen procesos específicos como troquelado, estampado, pintado, etc., que involucran diferentes dimensiones, a lo que el Dr. S. Echeverría⁸³ denominó como tecnologías verticales, que se van uniendo a lo largo del proceso de fabricación de la pieza o del ensamble (Ver Figura 7.2).

Desde la perspectiva del CENAM la metrología es una tecnología transversal en la cual pueden intervenir variables con diferentes alcances e incertidumbres, independientemente del proceso, por lo que el centro cuenta con expertos para cada dimensión o magnitud; argumenta el director del área de física –“nuestra gente no se especializa en segmentos radiales sino en segmentos transversales, por ejemplo, el especialista dimensional le da servicio al que trabaja el tren motriz, frenos, carrocería, etc.”⁸⁴ como indica la Figura 7.2).

Esta forma de ver la metrología proporciona una base sólida que se fortalece con la red, es decir, no se da una especialización en un solo proceso como ocurre en otros centros o empresas, sino que, en opinión del Dr. S. Echeverría, la forma de transferir y absorber conocimiento en aspectos técnicos es mediante la conjunción de la tecnología de proceso de la empresa con el conocimiento en metrología del CENAM.

En otras palabras, juntan al experto de la empresa con el especialista del centro y juntos diseñan soluciones, que en algunos casos son innovaciones incrementales en procesos y procedimientos, por lo tanto, en estos casos se funden los conocimientos de la empresa con los del centro y se diseñan soluciones.

7.4 Conclusiones

Después de ver los criterios bajo los cuales el CENAM se interesó por el sector automotriz y su gradual crecimiento, se plantearon las formas posibles de interacción CENAM-usuario del sector automotriz, de esta manera, se profundizó en algunos aspectos en torno a la

⁸³ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

⁸⁴ *Ibid.*

interacción, como, la insatisfacción del usuario, competencia, y algunos otros elementos que disminuyen la intensidad y cantidad de la relación CENAM-usuario.

De igual forma, se presentó como se benefician los usuarios y el centro a partir de la interacción, en este sentido, se describió la forma en que se da la generación de conocimiento en la relación. También se presentó la forma en que el CENAM visualiza a la metrología, considerándola como una tecnología transversal, es decir, el especialista de una magnitud atiende a las diferentes tecnologías verticales en su magnitud de competencia.

De esta manera se contestan satisfactoriamente a las preguntas iniciales planteadas al inicio del capítulo para concluir ¿Cómo fue el inicio de la relación CENAM-sector automotriz? ¿Cómo son las formas de interactuar entre CENAM-usuarios del sector automotriz? ¿Cuáles han sido los beneficios para ambas partes involucradas en la interacción? ¿En que forma se presenta el incremento de las capacidades metrológicas?

La importancia del sector automotriz e incremento de la densidad de relaciones con los usuarios de dicho sector incremento las presiones o niveles de intensidad de las interacciones entre el centro y los usuarios, esto, condujo a crear formas administrativas que permitieran canalizar a cada uno de los usuarios en función del tipo y complejidad del servicio, proyecto o desarrollo metrológico solicitado.

Esta situación, permitió separar claramente a las relaciones CENAM-usuario en dos formas, por un lado, servicios a la industria canaliza los servicios que se asocian con actividades de explotación de los recursos disponibles que en su mayoría son servicios *comodities*, y MESURA que atiende los casos en donde en nivel de intensidad y complejidad en la interacción es mayor, es decir, se asocia a actividades de generalización, exploración y diferenciación de prácticas que generalmente dan como resultado mejoras incrementales y en menor proporción novedosos desarrollos.

La coevolución se presenta en los casos en que los técnicos de la empresa y especialistas del CENAM logran empatar la teórica con la práctica, al conocer las limitaciones y

alcances de los procesos analizados, de esta manera, para las empresas se abre una gama de posibles desarrollos, control y mejora de sus procesos.

En estos casos se fusionan la exploración con la explotación creando un equilibrio, en donde se combinan, en la medida de las posibilidades presentes, el conocimiento del especialista en metrología con el técnico de proceso. Ante tal idea, es válido decir que la constante capacitación y mejora continua siempre permitirán un mayor grado de libertad para incorporarse a un mayor nivel de complejidad entre exploración explotación.

Finalmente, basándonos en los elementos presentados respecto de los casos que reducen la intensidad y frecuencia de las interacciones con los usuarios del sector automotriz, se destaca el de la excesiva burocracia institucional, en el sentido de que la prontitud con que se solicitan algunos proyectos en donde se requieren trámites administrativos, no es compatible con la capacidad de respuesta del marco institucional que acompaña al CENAM para dar fluidez y funcionalidad a la Red MESURA Interinstitucional.

Capítulo 8

Caso VWM

8.1 VWM

8.1.1 Organigrama de la empresa

8.1.2 Inicios de la relación con VWM

8.1.3 Competencia en relación a VWM

8.2 Interacción CENAM-VWM, en términos de proyectos

8.2.1 Primeros proyectos

8.2.1.1 Proyecto Norma ISO/IEC 17025

8.2.1.2 Proyecto de emisiones a la atmósfera

8.2.1.3 Proyecto con Maquinas de coordenadas

8.2.1.4 Proyecto de Par Torsional

8.2.2 Proyectos recientes

8.2.2.1 Proyecto de un equipo de pruebas de ultrasonido por Inmersión

8.2.2.2 Evaluación de la capacidad técnica de VW

8.2.2.3 Proyecto de Humanización de la Metrología

8.2.3 Proyectos a futuro

8.2.3.1 Certificación de Metrólogos en Dimensional

8.2.3.2 Proyecto de la barra desmontable de 5m de longitud

8.2.3.3 Equipo de Metrología (*Metrology team*)

8.3 Conclusiones

Figura 8.1) Organigrama de Volkswagen México

Capítulo 8

Caso Volkswagen de México

Tomando en cuenta la información que se presenta en los capítulos anteriores, se observa que no se cuenta con información lo suficientemente detallada que permita dar seguimiento a cada uno de los casos en que se presenta una interacción entre el CENAM y los usuarios de la industria automotriz.

Sin embargo, el no contar con suficiente información sobre cada una de las interacciones con las empresas del sector, se puede decir, que los casos más sobresalientes han requerido un mayor esfuerzo por parte del centro y han marcado un incremento en las capacidades metrológicas del CENAM y los usuarios del sector, un ejemplo es el caso de los proyectos realizados con la empresa Volkswagen de México (VWM) en su planta de Puebla.

De esta manera, es como se considera el caso de la interacción con la empresa VWM para demostrar la hipótesis planteada en el presente trabajo, referente a que la evolución de las capacidades metrológicas responde a un proceso coevolutivo. Para desarrollar este caso en particular, se considera la situación de la empresa automotriz VW de México como evidencia empírica, principalmente por dos situaciones:

- La primera, es por que desde la visión teórica que se plantea en este trabajo, la relación CENAM-VWM es la única dentro del sector automotriz que desarrolla actividad correspondiente a las cuatro fases planteadas en el ciclo exploración vs explotación que se plantea en la propuesta teórica.
- La segunda, responde a los señalamientos del director de servicios tecnológicos (Dr. S. Echeverría) en donde argumenta que VWM es el cliente privado número uno del CENAM, es decir, el que más contribuye a los ingresos de MESURA después de PEMEX.

Por tales razones se reconstruye lo que ha sido la relación entre el CENAM y VW con la intención de extraer elementos que permitan apoyar nuestra hipótesis planteada y evaluar la evolución de las capacidades metrológicas. Las preguntas principales conductoras de este capítulo son: ¿Cómo se inició la relación CENAM-VWM? ¿Cómo ha evolucionado la relación CENAM-VWM en términos de proyectos? ¿Existen indicios de coevolución en la relación CENAM-VWM?

Este capítulo se distribuye en tres secciones principales, la primera, describe de forma general a VWM y presenta argumentos que justifican el inicio de la relación; la segunda sección, describe de forma general y cronológica en tres etapas algunos de los proyectos realizados conjuntamente entre la empresa y el centro; la tercera sección se presentan las conclusiones.

8.1 Volkswagen de México

Volkswagen de México, S.A. de C.V inicia como tal el 31 de julio de 1964. La actividad principal de Volkswagen es la fabricación, exportación e importación y venta de automóviles, motores, componentes y refacciones, tanto en el ámbito local así como a nivel internacional. La capacidad instalada de la planta Puebla para fabricar automóviles es de 450,000 automóviles anuales así como 500,000 motores al año (Volkswagen de México, 2006).

Con más de 50 años de presencia en México y más de cuarenta de la planta de Puebla, el futuro para Volkswagen de México en lo que se refiere a producción para la exportación y ventas en el mercado nacional está caracterizado por expectativas de nuevo crecimiento.

En el mes de enero del 2003 Volkswagen AG⁸⁵ dio a conocer que la planta de Volkswagen de México, ubicada en el Estado de Puebla, había sido designada para iniciar en el 2004 la producción del nuevo Jetta A5 para todo el mundo. En México, este vehículo se comercializa como Bora y la producción de este automóvil representa una parte muy

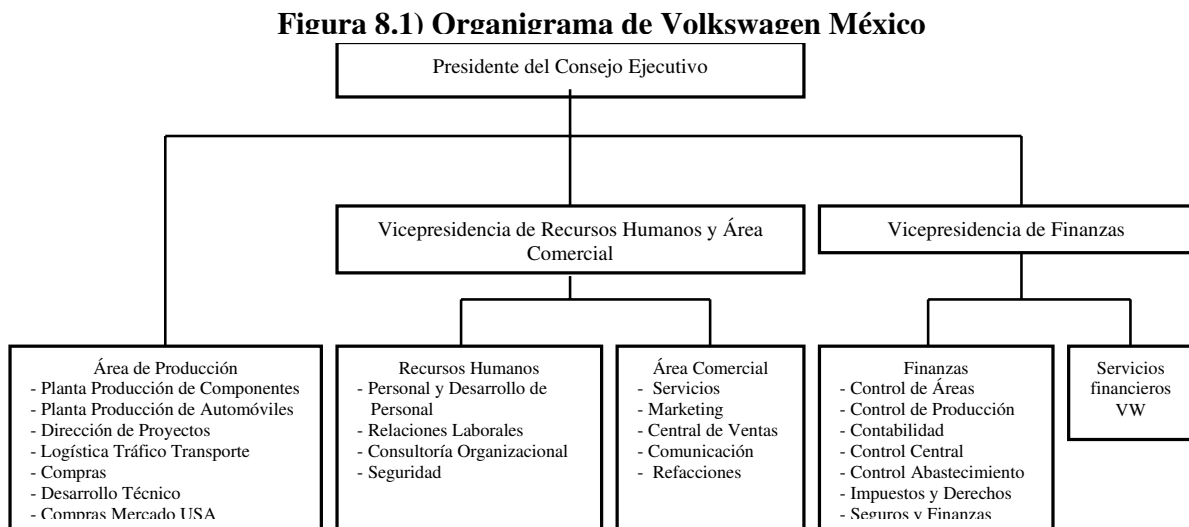
⁸⁵ Volkswagen AG es la empresa controladora del Grupo Volkswagen (Volkswagen de México, 2006).

importante de los 2 mil millones de dólares invertidos en México por Volkswagen en el periodo 2003-2008.

Para la producción de este nuevo modelo, Volkswagen de México tuvo que realizar importantes cambios en sus líneas de producción, equipándolas con maquinaria de alta tecnología, así como también capacitando al personal técnico y administrativo involucrado en el desarrollo y la fabricación.

8.1.1 Organigrama de la Empresa

La empresa esta constituida por 5 direcciones principales (Ver Figura 8.1) las cuales cuentan con sus respectivas áreas, cabe mencionar que en el diagrama no se muestran las áreas secundarias (Ver Anexo 3).



Fuente: Sill, F. (2004), "Propuesta para el proceso de ensamble de motor con caja de transmisión para el modelo de automóvil volkswagen A5", Tesis Licenciatura. Ingeniería Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla

8.1.2 Inicios de la relación con Volkswagen de México

En el 2001 el Instituto Tecnológico de Monterrey impartió, en la Ciudad de Puebla, un diplomado a VWM en donde se presentó un módulo de metrología, subcontratando al CENAM para participar. Dicho curso fue impartido por personal de MESURA, quien tuvo como alumno a la persona⁸⁶ que actualmente es el contacto y líder de proyecto en VWM. A finales del 2001 se inició la aplicación del Programa MESURA en cuatro áreas de la planta:

1. Planta de Producción Automóviles
2. Planta de Producción Componentes
3. Partes de Compra y
4. Laboratorio Central

La primera etapa comenzó con diez Asesores Especialistas pertenecientes a diferentes magnitudes como color, brillo, dureza, longitud, par torsional, etc. quienes capacitaron a un grupo de alrededor de 40 personas de VWM. En este sentido, narra el líder⁸⁷ de proyecto que –“fue la primera y única empresa en que ha sucedido. Cuando empezamos con VWM fue muy retador por el nivel de conocimiento, por el nivel tecnológico y el nivel de exigencia de la empresa”.

Actualmente el CENAM mantiene de tres a cuatro asesores expertos que han tenido continuidad a lo largo de los diferentes proyectos, principalmente en la magnitud de longitud y par torsional en el área de Planta de Producción de Automóviles (PPA) y que además han sido atendidos por el Programa MESURA.

La relación con magnitudes como color, colorimetría, brillo, que se les asesoró al principio de la relación se quedó hasta determinada etapa debido a que el resultado de la evaluación

⁸⁶ Ing. Martín H. Rivas; Calidad Planta de Automóviles; *Dirección de Estrategias y Aseguramiento de la Calidad*.

⁸⁷ Entrevista a la Lic. G. Rivera, Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006

realizada por los especialistas del CENAM fue satisfactoria para VWM al grado de solo recomendarles autoevaluación.

Existen otras áreas en VWM que manejan otras magnitudes con las que el CENAM no ha logrado interactuar, y que pueden incrementar la cartera de proyectos a realizar con la empresa. A pesar de tener identificadas a las magnitudes críticas en otras áreas como desarrollo técnico (acústica y vibraciones) todavía no se incorporan a la relación CENAM-VWM debido a que no se ha encontrado el contacto adecuado en VWM.

8.1.3 Competencia en relación a VWM

El CENAM no descarta la posibilidad de que exista competencia que involucre la disminución de proyectos conjuntos en la interacción CENAM-VWM, debido a que la empresa puede solicitar apoyo de otros laboratorios internacionales ya que tienen los elementos y recursos para hacerlo. En este sentido es la directiva de VWM que ha preferido que sea en México donde se genere esta tecnología.

8.2 Interacción CENAM-VWM, en términos de proyectos

La alta gerencia de VWM ha reconocido la importancia de la metrología como llave de éxito⁸⁸ y el personal de VWM esta consciente del papel que tiene la competencia en la industria automotriz y la importancia de contar con una sólida infraestructura metrológica

En este sentido, una de las características de VWM es la alta competitividad interna, situación que estimula la inversión en equipos de medición y pruebas con el propósito de ofrecer servicios a otras áreas de la misma empresa, esto provoca que el CENAM capacite cada vez a más personal, y como muestra de ello señala la Lic. G. Rivera “existe un curso en aseguramiento metrológico en maquinas de coordenadas el cual se les ha impartido en cuatro ocasiones ha diferentes personas.”⁸⁹

⁸⁸ <http://www.simet.gob.mx/vw.htm>

⁸⁹ Entrevista al Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

Esta visión que tiene VWM de la metrología propicia que se incremente la frecuencia y nivel metrológico de interacción entre ambas partes, de esta manera, para mostrar la evolución de la relación CENAM-VWM en función de los proyectos realizados, se divide en tres etapas esta sección: primeros proyectos, proyectos recientes y proyectos futuros.

Antes de continuar, es necesario observar que no se cuenta con información detallada para indicar las fechas de inicio y culminación de los proyectos así como aspectos muy detallados de los desarrollos, por eso se presenta una descripción general de cada uno de ellos, pero suficiente para identificar el tipo de proceso coevolutivo que se está presentando y para evaluar la intensidad de la relación en términos del ciclo exploración/explotación.

8.2.1 Primeros proyectos

En este apartado se describen de forma general los proyectos con que se inició la relación CENAM-VWM y algunos que se incorporaron inmediatamente después de iniciada la vinculación.

8.2.1.1 Proyecto Norma ISO/IEC 17025

En un principio VWM se interesó en elevar su nivel metrológico para acreditar sus laboratorios, proyecto que actualmente se está concluyendo. Dicho proyecto consiste en apoyar a VWM en el cumplimiento de los requisitos técnicos de la norma ISO/IEC 17025⁹⁰ en sus laboratorios de calidad. Este proyecto fue atendido vía la Red MESURA Interinstitucional.

De este proyecto se derivó otro que consistió en la integración de sus procesos y sistemas, en donde se mostró a personal de VWM cómo el control estadístico de procesos que estaban llevando se podía depurar y mejorar.

⁹⁰ La Norma UNE-EN ISO/IEC 17025 establece los requisitos generales relativos a la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración que la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) utiliza como criterios para la acreditación.

Lo mismo en el área de aseguramiento de calidad de la Planta de Producción de Componentes (PPC) en donde solo han trabajado con los laboratorios que se llaman salas de medición fina, en donde el CENAM apoyó en el acreditamiento, ante la Entidad Mexicana de Acreditación (EMA), de 13 procedimientos.

8.2.1.2 Proyecto de emisiones a la atmósfera

Existen normas oficiales mexicanas en donde la participación del CENAM consiste en ayudar a los interesados a realizar sus pruebas, en este sentido existen normas sobre contenidos máximos de emisiones a la atmósfera que deben cumplir los autos nuevos y que se deben demostrar con algún laboratorio acreditado, en esta dirección, se realizó otro proyecto conjunto entre VWM y el CENAM relacionado con la reducción de contaminantes, en donde se apoyó y asesoró a VWM en la acreditación de su propio laboratorio de emisiones a la atmósfera.

8.2.1.3 Proyecto con Maquinas de coordenadas

En cada visita a la planta VWM, el CENAM procura plantear una propuesta de solución a alguna problemática y mostrar nuevas áreas de oportunidad, situación que puede derivar en proyectos y desarrollos de mayor nivel tecnológico, como es el caso de las Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC)⁹¹, en donde VWM cuenta con una cantidad considerable de ellas.

Otro de los proyectos al inicio de la relación consistió en desarrollar el método y la tecnología para llevar a cabo servicios, en máquinas de coordenadas, que antes efectuaban sus proveedores, por lo que en este rubro VWM se ha visto beneficiado por la disminución de sus costos debido a la realización de sus propios servicios.

⁹¹ Las Máquinas de Medición por Coordenadas (MMC) son instrumentos de medición con los cuales se pueden medir características geométricas tridimensionales de objetos en general. <<http://www.cenam.mx/cmu-mmc/Que%20son%20MMC.htm>> 30-Junio-2006

Para el caso de las máquinas de coordenadas se ha logrado reunir un equipo de trabajo entre el CENAM, VWM y el Dr. Eugen Trapet⁹² para trabajar proyectos conjuntos y desarrollar conocimiento en esta área. La experiencia en la evaluación del desempeño de MMCs con artefactos de esferas en VWM los ha llevado a identificar algunas ventajas y desventajas resultado del trabajo en coordinación con el centro:

- Ventajas para VWM
 - Saber si la MMC cumple con las especificaciones del fabricante
 - Corrección de Errores de Posición en la MMC, en caso de ser necesario
 - Conocimiento estadístico de la MMC
 - Garantizar la calidad de las mediciones y la calidad de los ensambles
 - Se eleva el nivel metrológico de los proveedores de servicios
 - Reducción de costos por calibraciones externas
 - Mantenimiento preventivo a bajo costo
 - Planeación de mantenimientos mayores con suficiente anticipación

- Desventajas para VWM
 - Gastos
 - Adquisición de responsabilidades que no competen
 - Existe alguna responsabilidad
 - Es necesario acreditar también la parte documental, no solo la técnica
 - No hay patrones suficientes para toda la diversidad de MMCs en VWM

8.2.1.4 Proyecto de Par Torsional

Uno de los proyectos que ha dejado huella y generado algún tipo de cambio en el CENAM como resultado de la interacción con VWM es el desarrollo de un patrón de par torsional⁹³,

⁹² Dr. Eugen Trapet, Director del Departamento de Metrología Avanzada de UNIMETRIK; Representante en el comité ISO para la especificación geométrica de productos; Miembro del comité de metrología dimensional de AENOR; Antigo Jefe del Dpto. de máquinas de coordenadas del PTB alemán; Representante en el subcomité de metrología dimensional de ENAC.

⁹³ El Par torsional es una magnitud derivada de la fuerza y se define como la fuerza aplicada a un cuerpo, a una distancia perpendicular a un eje, tal que se genere en él una rotación alrededor del mismo. Como

en el cual el experto encargado del patrón nacional de par torsional, tuvo que hacer uso de sus conocimientos para realizar un proyecto que desarrolló para el mismo CENAM.

Al ver que en VWM se usa una cantidad considerable de torques y considerando los beneficio que obtendría la empresa al contar con su propio par torsional, CENAM les propuso la construcción de un par de mayor tamaño respecto del que se encuentra en el centro, es decir, de acuerdo a sus necesidades y con un sistema primario⁹⁴. De esta forma, el desarrollo surge no como una solicitud de VWM sino como una consecuencia de la aplicación del programa MESURA, del análisis y asesoría a la empresa.

En este sentido al ver que las mismas dimensiones se repiten en los diferentes laboratorios, una de las recomendaciones de CENAM consiste en que si el área de Planta de Producción de Componentes (PPC) ya cuenta con un patrón primario, ésta puede dar trazabilidad a otras áreas de la misma empresa como un mecanismo de reducción de costos y optimización de sus recursos.

Este proyecto, es un claro ejemplo de coevolución de capacidades, debido a que a partir de la aplicación del programa MESURA, se analiza y explora nuevos ambientes metrológicos en donde por consecuencia surgen generalizaciones y diferenciaciones de las tecnologías de medición ya existentes, una muestra de ello es el desarrollo del par torsional, en donde una tecnología ya existente se aplica a un nuevo contexto pero con algunas mejoras específicas, para satisfacer una necesidad real dentro de una empresa, en este sentido hay un beneficio mutuo.

ejemplos de aplicación de esta magnitud se tiene: medición de la potencia al freno en motores de combustión y eléctricos; proporcionar el apriete adecuado a tornillos en el montaje y ensamble de todo tipo de vehículos, aparatos, maquinaria y equipos. El patrón nacional de par torsional es un sistema de comparación basado en un juego de transductores de alta exactitud que en conjunto con un motor-reductor para la aplicación del par torsional, un sistema de alineamiento, una placa de contra reacción y un cojinete de aire, sirven para comparar los instrumentos a medir. <<http://www.cenam.mx/publicaciones/descargas/PDFFiles/cnm-pnm-23.PDF>>(8-Nov-2006).

⁹⁴ Un sistema primario, es un método de alta calidad metrológica para el cual existe una carta de incertidumbre en el SI de unidades, por lo que el resultado puede ser aceptado sin un estándar de referencia para la magnitud en turno.

8.2.2 Proyectos recientes

En este apartado se describen algunos proyectos que se inician a partir del 2005. De igual forma, bajo las mismas consideraciones que los primeros proyectos, se describen de forma general.

8.2.2.1 Proyecto de un equipo de pruebas de ultrasonido por Inmersión

Como resultado del constante incremento de pruebas no destructivas⁹⁵ para la evaluación de uniones soldadas en la industria automotriz, las empresas automotrices han tenido que buscar alternativas para disminuir costos en la realización de dichas pruebas. Una de las pruebas no destructivas de mayor confiabilidad y ahorro para VWM es la de ultrasonido⁹⁶ en soldadura por puntos de resistencia.

En VWM, conocedores de la importancia que tiene el fortalecer el rubro de la medición para seguir creciendo, surge en este marco un nuevo proyecto que consiste en el desarrollo de un equipo de pruebas de ultrasonido por inmersión.

Este desarrollo se realiza de manera conjunta entre el CENAM y VWM, el cual demanda de conocimiento muy especializado por parte de los expertos en la materia, debido a que no se tiene conocimiento de la existencia de este tipo de pruebas en la Industria Automotriz de México. Por tal razón, éste proyecto contribuye de forma positiva a la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM y VWM al ser un desarrollo novedoso.

Para la realización del equipo de pruebas de ultrasonido por inmersión, primero, el CENAM pone las bases, es decir, la capacitación, y asesoría con una participación menor

⁹⁵ Una prueba no destructiva es la evaluación de la unión soldada sin que las piezas se destruyan y puedan continuar a su siguiente proceso.

⁹⁶ Las pruebas por ultrasonido, usan ondas sonoras de alta frecuencia y altamente direccionales, para medir el espesor de materiales, encontrar defectos escondidos en el interior de la pieza o analizar las propiedades de los metales, plásticos, materiales compuestos, cerámica, caucho y vidrio. Los instrumentos de tecnología por ultrasonido, usando frecuencias por encima del límite perceptible por el oído humano, emiten ráfagas de energía sobre la pieza de ensayo y luego recopilan y analizan las formas de onda reflejadas o transmitidas para generar los resultados de las pruebas. <http://www.olympusndt.com/es/> (23-Sep-06)

en la construcción, de esta manera, por políticas de la firma y por que desde la perspectiva del CENAM la empresa cuenta con la capacidad para realizarlo, el equipo se construyó en la planta VWM a diferencia del par torsional que se construyó en el centro, finalmente CENAM cerró el proyecto con la calibración y caracterización.

Este proyecto es otro claro ejemplo de coevolución de capacidades metrológicas como resultado de la relación entre el CENAM y VWM, en esta idea, el corporativo VW ve a su planta de Puebla en México como la punta de lanza en esa área; ante tal estímulo VWM esta presionando por trascender dentro de su mismo grupo a nivel internacional con auto-desarrollo, es decir, generando ellos mismos el desarrollo tecnológico.

En los proyectos arriba mencionados, la participación de otros centros miembros de la Red MESURA es marginal a los desarrollos, por ejemplo: el CENAM mandó a elaborar un componente al CIATEQ y el CIDESI participó con capacitación en el proyecto del par torsional. En materia de patentes los desarrollos del par torsional y el equipo de ultrasonido por inmersión, señala el Dr. Salvador Echeverría, “están en negociación debido a que no se han terminado al 100%”⁹⁷.

8.2.2.2 Evaluación de la capacidad técnica de VW

Existe un área⁹⁸ en VWM a la cual le interesa que una institución como el CENAM reconozca y evalúe el desempeño de sus actividades y la capacidad técnica de su personal, en sus diferentes niveles, como: metrólogos, gerentes o jefes de grupo, etc. Para realizar este proyecto, MESURA cuenta con el Programa de Capacitación y Evaluación de Recursos Humanos (PROCERH), el cual desarrolla los mecanismos necesarios para asegurar la competencia técnica del personal de la Red MESURA.

Este proyecto es una generalización de los programas de evaluación de la Red MESURA, es decir, se explotan las prácticas exitosas en la red y se aplican a un nuevo contexto en

⁹⁷ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

⁹⁸ Los entrevistados no especificaron el área de VWM que se interesa en que el CENAM evalúe su capacidad técnica.

donde se tienen que adaptar y modificar aspectos, del programa inicial, para que sea compatible con la aplicación en un entorno en particular.

8.2.2.3 Proyecto de Humanización de la Metrología

Como resultado del trabajo conjunto entre VW y el CENAM, a partir del 2005 la empresa esta trabajando en la implantación de una nueva filosofía metrológica⁹⁹ conocida como “humanización de la metrología”, la cual consiste en no ver la parte dura de la metrología sino que pretende involucrar al personal. En otras palabras, se trata de que el trabajador esté conciente sobre si algo va a salir bien es por él; actualmente este programa se está implementando en solo un área¹⁰⁰ pero se tiene la intención de implementarlo en toda la planta.

Asimismo, el proyecto surge como un resultado de la continua interacción, de la comprensión y entendimiento de cuál es el rumbo y lo que requiere el cliente. Para este propósito, se requiere la creación de nuevas capacidades con una visión que no es estrictamente tecnológica, es decir, se presenta un incremento de las capacidades metrológicas, en otro nivel, como resultado de un proceso coevolutivo.

En la idea de la mutua evolución como resultado de la interacción VWM-CENAM, la empresa inició con el Programa MESURA, es decir, con aseguramiento metrológico, luego desarrollo tecnológico, después pasa al siguiente nivel, humanización de la metrología, lo cual es una evidencia más de la evolución de la relación y capacidades metrológicas como resultado de la participación conjunta.

⁹⁹ En la evolución de una organización, ésta puede basar su éxito en diferentes aspectos, en este sentido, cada aspecto se considera como una etapa de su desarrollo en donde la visión de la empresa gira en torno a un elemento, es decir, a una filosofía. En este caso, se agrega que una filosofía es transversal a todos los procesos como la metrología, un ejemplo de esto es el mantenimiento: hace algunos años se hacia mantenimiento correctivo, luego el mantenimiento preventivo, pero incorporan más conocimiento y pasan al mantenimiento predictivo, hasta llegar a las filosofías TPM (Mantenimiento Productivo Total), en donde involucran al personal, es decir, que la gente que hace el mantenimiento sea el centro, que cada acción vaya orientada a generar el mayor valor para la empresa.

¹⁰⁰ Los entrevistados no especificaron que área es la que esta implementando el programa de Humanización de la Metrología

Con la idea de involucrar al individuo e integrarlo dentro a esta nueva filosofía metrológica, se pretende que el personal no se burocratice, es decir, su función es detectar en todo momento oportunidades de mejora en los procesos relacionados a la medición. En esta dirección señala el Dr. S. Echeverría, “VWM ha sistematizado esta filosofía y cuenta con una serie de indicadores para evaluarlo”¹⁰¹.

Como parte de este proyecto, CENAM diseñó e impartió la capacitación, actividad que condujo a diferenciar el conocimiento ya existente en este rubro y aplicarlo en un nuevo contexto, es decir, tomar lo consolidado y trasladarlo a un nuevo campo, complementándolo con conocimiento de otras disciplinas que no son estrictamente tecnológicas.

8.2.3 Proyectos a futuro

Uno de los objetivos del CENAM en torno a VWM es fortalecer la relación, es decir, trabajar con el mayor número de áreas posibles, en esta idea, sin especificar el nombre de los desarrollos, señala el líder de proyecto Lic. G. Rivera –“actualmente el CENAM esta trabajando con la empresa en 8 proyectos de manera simultánea”¹⁰².

Como resultado de los proyectos conjuntos, se han generado capacidades y conocimiento que se encuentra codificado en artículos, como señala el Dr. S. Echeverría –“actualmente se están proponiendo tres artículos resultado de la colaboración con VW”¹⁰³. En esta idea, existen cuatro artículos¹⁰⁴ derivados de algunos trabajos conjuntos, de los cuales, tres son coautores personal de CENAM y VWM y el cuarto está escrito por personal de la empresa.

¹⁰¹ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

¹⁰² Entrevista al Asesor Generalista MESURA, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

¹⁰³ Entrevista al Director de Metrología Física, CENAM, Querétaro, Qro., México, 12 de Junio de 2006.

¹⁰⁴ 1) Echeverría, S., et al (CENAM) y A., Bada, et al (VWM) (2003); 2) Echeverría, S., M., Flores, G., Rivera, A., Ruiz, (CENAM) y M., Hernández, A., Bada, (VWM) (2003); 3) Rodulfo, R. (VWM) y R., Amezola (CENAM) (2006); 4) Hernández, M. y H., Aguilar, (VWM) (2006),

8.2.3.1 Certificación de Metrologos en Dimensional

Cuando al CENAM le solicitan algún curso de capacitación en donde no es competente o que no cuenta con los elementos para impartirlo, es cuando hace uso de la red de laboratorios de metrología y centros de investigación nacionales e internacionales, es decir, se ponen en contacto con el especialista, que bien puede ser de otro país, para trabajar de manera conjunta con el CENAM e impartir el curso.

Un ejemplo de esta situación sucede con la relación CENAM-VWM, en donde se tiene programada la visita del Dr. Eugen Trapet¹⁰⁵, especialista en máquinas de coordenadas, para impartir un curso internacional a VWM con la intención de certificar a metrologos en el área dimensional.

8.2.3.2 Proyecto de la barra desmontable de 5m de longitud

VWM cuenta con un área de calidad de partes de fabricación propia en donde hasta la fecha, el CENAM solo ha trabajado con la parte de máquinas de coordenadas y par torsional de dicha área.

El centro, actualmente tienen en puerta un proyecto que consiste en la construcción de una barra desmontable de 5 metros de longitud que se utilizará para la calibración de sus máquinas de coordenadas, proyecto que va a requerir de conocimiento muy especializado para su realización, señala el líder de proyecto (Lic. G. Rivera).

8.2.3.3 Equipo de Metrología (*Metrology team*)

Dentro de las expectativas del CENAM en relación a seguir trabajando de manera conjunta con VWM, esta la de ser parte del equipo de metrología (*metrology team*), el cual, es un proyecto planeado por el encargado del sistema de calidad que consiste en coordinar a los distintos laboratorios de metrología de la empresa.

¹⁰⁵ Dr. Eugen Trapet, *Op. cit.*

En esta idea, cabe mencionar que ciertas áreas de VWM todavía calibran sus instrumentos con proveedores externos sin tener conocimiento de la existencia de laboratorios acreditados dentro de la empresa, que pueden realizar esa tarea. En este sentido, la intención de formar un equipo de metrología es la reducción de costos y generación de capacidades como resultado de los potenciales trabajos conjuntos entre laboratorios de la misma planta.

8.3 Conclusiones

Después de presentar el caso de Volkswagen de México, en donde se describe el cómo inicia la relación CENAM-VWM, se presenta un organigrama sobre la estructura interna de la empresa, al igual que la visión del CENAM acerca de la potencial competencia que puede disminuir la intensidad de la interacción.

En este sentido, se presenta la evolución de la relación CENAM-VWM en términos de proyectos, es decir, se describieron de manera general, en tres bloques, los proyectos más sobresalientes que se han realizado con la empresa, haciendo énfasis en los elementos que contribuyen al incremento de las capacidades metrológicas para ambas partes.

De esta manera regresamos se contestan las preguntas planteadas al inicio del capítulo ¿Cómo se inicio la relación CENAM-VWM? ¿Cómo ha evolucionado la relación CENAM-VWM en términos de proyectos? ¿Existen indicios de coevolución en la relación CENAM-VWM?

Al inicio del capítulo, se expusieron dos elementos importantes que señalan la relevancia que tiene la relación CENAM-VWM, además, con la información recopilada se puede validar con otros dos puntos la importancia de esta relación, primero, es un vínculo que ha tenido la suficiente continuidad para observar el incremento de las capacidades metrológicas como resultado de un proceso coevolutivo; segundo, por que es un ejemplo dentro del sector automotriz.

Es importante resaltar y reconocer el papel tan importante que juega el corporativo de VW en la evolución positiva de las capacidades metrológicas, permitiendo que VWM tenga autonomía y flexibilidad para tomar decisiones tecnológicas, esto, les ha permitido escalar hasta el grado de ser reconocidos por la dirección del corporativo VW en el área de la medición y pruebas.

Después de presentar la serie de proyectos, se destaca la continuidad del personal en combinación con la constante capacitación y retroalimentación, a lo largo de la relación CENAM-VWM, lo cual permite la recombinação de nuevos elementos con los ya existentes dando origen a nuevos desarrollos.

Por el lado de VWM, la competencia interna entre laboratorios de metrología por trascender dentro de la empresa, ha conducido a fortalecer este rubro mediante la adquisición y construcción de nuevos equipos que en el papel se creería que debilita la relación CENAM-VWM.

Como se ha observado en la evidencia mostrada en términos de proyectos, es patente que se ha dado una coevolución como resultado de la constante interacción, pues en primera instancia podemos agregar que los primeros proyectos conjuntos tenían un carácter de asesoría general en donde el CENAM mantenía cierta preponderancia sobre VWM, es decir, se explotaba lo ya conocido.

En relación a la descripción de los proyectos recientes, se percibe un incremento en las capacidades metrológicas por parte de VWM, en donde se nota cierta convergencia con el CENAM, es decir, los proyectos se trabajan y discuten en un marco de mutua cooperación, en donde ambas partes construyen simultáneamente y se retroalimentan, crece la frecuencia de interacción.

Por el lado de los proyectos a futuro se deduce dada su breve descripción, que el nivel de capacidades metrológicas de la empresa ha crecido al nivel de explorar y generar auto

desarrollo, es decir, esta adquiriendo cierta autonomía como proveedor de insumos tecnológicos en materia de medición.

De esta manera, el CENAM ha incrementado sus capacidades metrológicas dado que ha resuelto de manera exitosa los retos metrológicos, y esto lo coloca en condiciones de generalizarlos a otros sectores industriales con marcadas o mínimas diferenciaciones. De igual forma, se crea un mayor soporte metrológico que proporciona un mayor grado de libertad y flexibilidad en la búsqueda de combinaciones novedosas, que finalmente se traduce en la capacidad de resolver situaciones con mayor grado de complejidad metrológica.

Capítulo 9

Evaluación de las capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz

9.1 Elementos utilizados en la evaluación

9.1.1 Tipos de Procesos coevolutivos

9.1.2 Tipos de Interacciones

9.1.3 Niveles de relación

9.2 Conexión de elementos que intervienen en la evaluación de las capacidades metrológicas

9.3 Capacidades Metrológicas del CENAM

9.4 Capacidades del CENAM en el sector automotriz

9.5 Conclusiones

Tabla 9.1) Procesos coevolutivos

Tabla 9.2) Descripción de los Grados de Relación

Tabla 9.3) Elementos característicos de las capacidades metrológicas del CENAM

Tabla 9.4) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM

Tabla 9.5) Elementos característicos de las capacidades metrológicas en el sector automotriz

Tabla 9.6) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz

Capítulo 9

Evaluación de las capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz

Este capítulo tiene el objetivo de evaluar y mostrar la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM como resultado de un proceso coevolutivo entre el centro y los usuarios pertenecientes al sector automotriz, utilizando el ciclo de exploración vs explotación para determinar el grado de intensidad de la interacción.

Las preguntas conductoras de este capítulo son: ¿Qué elementos intervienen en la evaluación de las capacidades metrológicas? ¿De que manera están relacionados dichos elementos para realizar la evaluación? ¿Cómo son las capacidades del CENAM? ¿Cómo son las capacidades del CENAM en el sector automotriz?

El capítulo está estructurado en cinco partes principales, la primera, describe aspectos que fungan como materia prima para efectuar la evaluación de las capacidades metrológicas, la segunda, muestra como se realizan las conexiones entre los distintos elementos de forma tal que, resulte una medida de las capacidades metrológicas, la tercera sección, presenta la evaluación de las capacidades metrológicas del CENAM en función de la información recopilada, la cuarta sección evalúa las capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz como resultado de la interacción entre el centro y los usuarios del sector, finalmente se presentan las conclusiones.

9.1 Elementos utilizados en la evaluación

Para realizar una evaluación, siempre es importante contar con un parámetro de referencia que permita determinar el valor o la intensidad de la variable a medir en relación a algo, es decir, se busca tener certidumbre en la estimación. De esta forma, en esta sección se presentan los aspectos que se interrelacionan para obtener la valoración de las capacidades metrológicas.

9.1.1 Tipos de Procesos coevolutivos

Retomando la propuesta teórica planteada en el Capítulo 1) acerca de los diferentes tipos de procesos coevolutivos considerados para realizar la evaluación, este apartado tiene el propósito de hacer una presentación de manera resumida sobre los procesos seleccionados (Ver Tabla 1.4) para el desarrollo del análisis del estudio de caso. En este sentido, solo se consideran cuatro tipos de procesos de coevolución:

5. Coevolución por Mutualismo

Se considera a la coevolución por mutualismo debido a que, como resultado de la evolución recíproca se presenta una convergencia de rasgos en mutualismo, es decir, se mantiene una relación simbiótica y necesaria para la supervivencia de ambas especies en interacción, sin incluir el control de reproducción de una especie sobre la otra.

6. Coevolución antagonista

Siguiendo con esta idea, éste proceso se caracteriza por que los rasgos entre agentes evolucionan de manera divergente en especies en competencia, es decir, como en el ejemplo de los conejos que se introdujeron en Australia¹⁰⁶.

7. Coevolución diversificadora

La coevolución diversificadora surge cuando en la relación entre dos agentes uno puede ejercer control significativamente directo ya sea sobre el movimiento de los gametos de la otra especie o sobre el éxito de la reproducción entre los subgrupos de ésta.

¹⁰⁶ Ejemplo que se puede consultar en el Capítulo 1, Coevolución antagonista.

Sin olvidar que estas formas de controlar el apareamiento de otras especies, da lugar a la coevolución diversificadora que produce especiación en una de las especies interactuantes o en ambas.

8. Coevolución difusa

El cuarto proceso propuesto es la coevolución difusa, considerando como rasgo preponderante para su selección, aquel que postula que el cambio evolutivo recíproco ocurre entre grupos, enfatizando que la unidad evolutiva de una interacción puede ser mayor que un par de especies, por lo que la mayoría de los cambios pueden ser difusos entre muchas o varias familias

En este sentido, Baum y Singh (1994) argumentan que la coevolución difusa es aquella en la cual una o más poblaciones evolucionan en respuesta a varias poblaciones en un amplio sistema ecológico.

9.1.2 Tipos de Interacciones

En este apartado se reconocen cinco tipos de interacciones, en donde el criterio para definirlos se basa principalmente en algunas características de índole cualitativo, sin embargo, antes de pasar a su descripción es necesario hacer algunas observaciones en torno a los límites o fronteras de las relaciones.

Se ha mencionado que no existen fronteras bien definidas entre procesos coevolutivos, situación que dificulta la tarea de categorizar a los distintos tipos de interacciones que se presentan. De esta manera, se toman solo uno o dos aspectos cualitativos de la relación, que generalmente coinciden con la característica principal que define a los procesos coevolutivos, para diferenciar a las distintas clases de interacción.

1. Servicios a la industria con convergencia

El primer tipo de relación que se distingue, es aquel que se canaliza mediante servicios a la industria, aquí, el CENAM ha estandarizado muchos de los métodos y procedimientos para satisfacer las necesidades más comunes de los usuarios como son pruebas de materiales, calibraciones de instrumentos y patrones de referencia.

Cabe observar que no solo es con el sector automotriz en donde el centro a sistematizado este tipo de servicios sino con todos los sectores, además, los clientes han visto resultados positivos por el hecho de implementar cierta cultura metrológica en las empresas, es decir, se ha dado una convergencia en esta dirección.

Para terminar de caracterizar esta relación, se consideran dentro de este primer tipo de interacción, únicamente aquellas en donde los usuarios incorporan dentro de su cultura metrológica a la filosofía de mejora continúa, pues la ideología permite que se de una evolución recíproca, independientemente del nivel de relación.

2. Servicios a la industria con divergencia

Sin profundizar en los detalles que rodean a los servicios canalizados por servicios a la industria descritos en el primer tipo de relación, agregamos que el segundo tipo de interacción es aquel en donde se presenta una divergencia en la generación de capacidades como resultado de la interacción. Esta situación sugiere una divergencia en dos vías:

- Primero, que las capacidades por un lado disminuyen y por el otro aumentan, es decir, en el caso de la empresa, la capacidad metrológica se va erosionando y en el centro las capacidades se van incrementando, entonces en este caso hay una divergencia. En esta idea, el *path dependence* (David, 2000) ocupa un lugar

importante, ya que considera procesos que pueden ser descritos como evolutivos y que restringen la adaptación al siguiente nivel de la empresa o población.

- Segundo, la coevolución puede no ser mutua, es decir, existe una relación en donde uno de los involucrados de la interacción se mantiene en el mismo nivel o semejante, siempre con el mismo servicio, mientras el segundo evoluciona, como puede ser el caso entre empresas atendidas vía servicios a la industria y el CENAM, que constantemente se ésta incorporando a las nuevas tecnologías de medición.

Cabe observar que, en el segundo caso puede presentarse una situación en la cual los integrantes de la relación incrementan sus capacidades, pero, uno en mayor proporción que otro, es decir, en términos reales hay una divergencia de capacidades, ejemplo, talleres o laboratorios que ofrecen servicios de calibración de poca calidad y a bajo costo, y que compiten con el CENAM.

3. Relación CENAM-UMs

El tercer tipo de relación es el que se identifica entre CENAM y las diferentes Unidades MESURA (UM's), el cual se caracteriza principalmente por que inicialmente el centro se reserva los derechos de admisión, comprobación de su desempeño moral y periódica evaluación metrológica. En este sentido, el centro ejerce cierto control sobre la incorporación de alguna nueva organización, laboratorio, universidad, etc., como UM de la Red MESURA Interinstitucional.

Otra característica de la relación CENAM-UMs es referente a los precios y asignación de los bloques del proyecto, el centro o quien hace la gestión es quien tiene el control, es decir, delega o no las partes de algún proyecto a alguna UM.

4. MESURA-Casos exitosos

Existe otra interacción que se asocia a los casos exitosos de MESURA como es el caso de PEMEX y VW descritos en capítulos anteriores. Se caracteriza por que la relación se adapta en beneficio mutuo, es decir, se trabaja en forma conjunta para resolver problemáticas, generar desarrollos y realizar mejoras incrementales.

En esta relación, existe cierta dependencia mutua, debido a que las empresas necesitan asesoría y capacitación para realizar los proyectos y desarrollos que, finalmente los conducen a incrementar sus capacidades metrológicas; por el lado del centro, se tiene la oportunidad de generalizar y diferenciar las prácticas existentes, esto permite visualizar nuevas aplicaciones de la capacidad acumulada durante la experiencia e interacción.

La descripción del cuarto tipo de relación, es similar al primer ejemplo, en esta idea, se establece que existe una convergencia de capacidades, en donde la diferencia entre ambas formas de interacción es el nivel de relación o complejidad en el tipo de proyectos o desarrollos motivo de la vinculación.

5. CENAM-Laboratorios secundarios

Otro tipo de relación que se establece, es la que se presenta con los laboratorios secundarios que bien pueden pertenecer a una empresa, universidad, centro de investigación, etc. En este sentido, a pesar que todas las interacciones se presentan con un laboratorio secundario, éstos pertenecen a organismos con diferentes niveles de relación, de esta manera en el fondo se dice que la interacción se realiza con diversos agentes en donde se pueden agregar más por mutualismo o en beneficio mutuo.

Uno de los elementos característicos de esta interacción consiste en que los laboratorios secundarios se vuelven más confiables y en consecuencia incrementan su cartera de clientes en servicios metrológicos. El CENAM se beneficia por que asesora y ayuda a los laboratorios a acreditarse y por que cumple su misión y

objetivo de crear más laboratorios secundarios para fortalecer el Sistema Metrológico Nacional.

Tabla 9.1) Procesos coevolutivos		
Proceso	Definición	Manifestación
Mutualismo	Es el resultado de la evolución recíproca en donde se presenta una convergencia de rasgos en mutualismo, es decir, se mantiene una relación simbiótica y necesaria para la supervivencia de ambas especies en interacción, sin incluir el control de reproducción de una especie sobre la otra	<p>El primer tipo de relación que se distingue, es el que se canaliza mediante servicios a la industria, además, los clientes han visto resultados positivos por el hecho de implementar cierta cultura metrológica en las empresas, es decir, se ha dado una convergencia en esta dirección.</p> <p>Se consideran dentro de este primer tipo de relación únicamente aquellas en donde los usuarios incorporan dentro de la cultura metrológica a la filosofía de mejora continua, pues la ideología permite que se de una evolución recíproca, independientemente del nivel de relación.</p> <p>Existe otra interacción que se asocia a los casos exitosos de MESURA como es el de PEMEX y VW. Se caracteriza por que la relación se adaptada en beneficio mutuo ya que trabajan en forma conjunta para resolver problemáticas, generar desarrollos y mejoras incrementales.</p> <p>En esta relación, hay cierta dependencia, debido a que las empresas necesitan de la asesoría y capacitación para realizar los proyectos y por parte del centro, la generalización y diferenciación de prácticas existentes los llevan a concebir ideas novedosas de aplicación de las capacidades acumuladas durante la experiencia e interacción.</p>
Antagonista	Es un proceso opuesto, es decir, se caracteriza por que los rasgos evolucionan de manera divergente en especies en competencia, pero también por ser específica se considera que la coevolución entre dos especies cualesquiera puede no ser estrictamente recíproca.	<p>Primero, que las capacidades por un lado disminuyan y por el otro aumenten, es decir, en el caso de la empresa, la capacidad metrológica se vayan erosionando y en el centro las capacidades se vayan incrementando, entonces en este caso hay una divergencia.</p> <p>Segundo, la coevolución puede no ser mutua, es decir, existe una relación en donde uno de los involucrados de la interacción se mantiene en el mismo nivel o semejante, siempre con el mismo servicio, mientras el segundo evoluciona, como puede ser el caso entre empresas atendidas vía servicios a la industria y el CENAM, que constantemente se ésta incorporando a las nuevas tecnologías de medición.</p> <p>Cabe observar que, en el segundo caso puede presentarse una situación en la cual los integrantes de la relación incrementan sus capacidades, pero, uno en mayor proporción que otro, es decir, en términos reales hay una divergencia de capacidades, ejemplo, talleres o laboratorios que ofrecen servicios de calibración de poca calidad y a bajo costo, y que compiten con el CENAM.</p>
Diversificadora	La coevolución diversificadora surge cuando en la relación entre dos agentes uno puede ejercer control significativamente directo ya sea sobre el movimiento de los gametos de la otra especie o sobre el éxito de la reproducción entre los subgrupos de ésta.	<p>Relación que se identifica entre CENAM y las diferentes Unidades MESURA (UM's), el cual se caracteriza principalmente por que el centro se reserva los derechos de admisión, comprobación de su desempeño moral y periódica evaluación metrológica. En este sentido, el centro ejerce cierto control sobre la incorporación de alguna nueva organización, laboratorio, universidad, etc., como UM de la Red MESURA Interinstitucional.</p> <p>Otra característica es en relación a los precios y asignación de partes del proyecto, el centro o quien hace la gestión es quien tiene el control, es decir, es quien delega o no las partes de algún proyecto a alguna UM</p>
Difusa	El cuarto proceso propuesto es la coevolución difusa, considerando como rasgo preponderante para su selección, aquel que postula que el cambio evolutivo recíproco ocurre entre grupos, enfatizando que la unidad evolutiva de una interacción puede ser mayor que un par de especies, por lo que la mayoría de los cambios pueden ser difusos entre muchas o varias familias	<p>Otro tipo de relación que se establece, es la que se presenta con los laboratorios secundarios que bien pueden pertenecer a una empresa, universidad, centro de investigación, etc. En este sentido, a pesar que todas las interacciones se presentan con un laboratorio secundario, éstos pertenecen a organismos con diferentes niveles de relación, de esta manera en el fondo se dice que la interacción se realiza con diversos agentes en donde se pueden agregar más por mutualismo o en beneficio mutuo.</p> <p>Finalmente el incremento de capacidades metrológicas de los diversos agentes que conforman al SMN tiene un carácter difuso en su origen, debido a que algunos integrantes son muy dinámicos dentro del sistema y como resultado de dicha actividad sufren un incremento de capacidades metrológicas sin señalar de manera específica que relación es la que</p>

	contribuyo a dicho incremento.
--	--------------------------------

Fuente: Elaboración propia con datos de Thompson (1989, 2003) y paginas web:
http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol2.htm (3 Mayo de 2006)
http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol1.htm (3 Mayo de 2006)

Finalmente en este mismo tipo de relación se puede insertar al Sistema Metrológico Nacional (SMN), dado que el incremento de capacidades metrológicas de los diversos agentes que conforman al SMN tiene un carácter difuso en su origen, debido a que algunos integrantes son muy dinámicos dentro del sistema y como resultado de dicha actividad sufren un incremento de capacidades metrológicas sin señalar de manera específica que relación es la que contribuyo a dicho incremento.

Una que se definió a los procesos coevolutivos y los distintos tipos de interacción entre el CENAM y los usuarios del sector automotriz. En la Tabla 9.1) se relacionan de forma resumida los aspectos que caracterizan a los procesos coevolutivos con las elementos que caracterizan a las diferentes interacciones identificadas.

9.1.3 Niveles de relación

Para determinar el grado de tensión en la relación o el nivel de combinación entre prácticas de exploración y explotación, se considera la propuesta teórica planteada por Nooteboom (2000) (Ver Capitulo 2), la cual consiste en un ciclo dividido en cuatro fases, consolidación, generalización, diferenciación, reciprocidad, caracterizadas por ciertas rasgos propios de la etapa y relacionados con términos que se asocian a actividades de exploración y explotación.

En este sentido, en la Tabla 9.2) se presentan algunas singularidades correspondientes a cada una de las etapas que conforman el ciclo exploración vs explotación, con el propósito de asociarlas a las características de las interacciones identificadas entre el CENAM y los usuarios del sector automotriz.

De esta manera, como resultado de la comparación entre las características que definen a cada etapa del ciclo teórico y las particularidades que definen a las relaciones entre el

CENAM y usuarios del sector automotriz, se obtendrá el nivel de relación en función del ciclo exploración vs explotación.

Tabla 9.2) Descripción de los Grados de Relación	
Grado de Relación	Características
Consolidación	<ul style="list-style-type: none"> -Estandarización de operaciones, eficiencia en aplicaciones y producción -Conocimiento tácito codificado para ser incorporado en procedimientos, operaciones -Innovación se ajusta a las prácticas, producción y distribución -La novedad llega a ser difusa -La competencia se incrementa -Presión para producir más eficientemente -Utilizando economías de escala y alcance -Las economías de escala demandan expansión -División de la mano de obra -Especialización en eslabones de la cadena de producción y distribución
Generalización	<ul style="list-style-type: none"> -Se exploran los límites de la efectividad o validez de una práctica existente -Sobrevivir a través de la explotación de los recursos disponibles -Aplicación de las prácticas, tecnologías a nuevos contextos -Surge diseño dominante con ligeras modificaciones -Beneficios de la explotación con la agregación de elementos de descubrimiento -Nuevos mercados para productos ya existentes -Contextos diferentes que podrían sugerir modificaciones
Diferenciación	<ul style="list-style-type: none"> -Prácticas diferenciadas para ajustarse a nuevos contextos o nuevas oportunidades para mejorar pueden presentarse -Ajustarse a la diversidad de combinaciones de insumos, herramientas, capacidades de las personas, aceptación de productos -En el mercado de un vendedor sin mucha presión de la competencia el incentivo para adaptarse y mejorar puede no ser suficiente -Una forma próxima de diferenciación es arreglar elementos de una práctica existente en versiones novedosas para el nuevo contexto
Reciprocidad	<ul style="list-style-type: none"> -Adoptar elementos de prácticas externas encontradas en nuevos contextos -Su éxito y similitud indica que pueden ser fuentes potenciales para esto -Elementos de prácticas existentes son transferidos a prácticas extranjeras encontradas nuevos contextos -La diferenciación y tal vez la reciprocidad pueden ser vistas como innovaciones incrementales, pero que pueden conducir a innovaciones radicales.

Fuente: Elaboración propia

Esto quiere decir que las interacciones entre los agentes involucrados finalmente se podrán categorizar en una de las cuatro fases del ciclo en función de sus características, lo cual, desde la postura teórica es una medida del nivel de tensión entre actividades de exploración y explotación, además de ser una referencia e indicador de capacidades metrológicas en función de la teoría propuesta.

De la información contenida en la Tabla 9.2), se puede observar como las diferentes actividades se pueden insertar en una fase del ciclo exploración/explotación, en otras palabras, cada fase del ciclo corresponde a un nivel de evolución, en donde las actividades

de la interacción representan el nivel de relación, debido a que al final quedan en términos de las fases asociadas.

9.2 Conexión de elementos que intervienen en la evaluación de las capacidades metrológicas

Una vez que se han descrito las diversas características que intervienen en la determinación del grado de capacidades metrológicas se reúnen en la Tabla 9.3) con la intención de recopilar información que permita determinar el tipo de proceso coevolutivo al que pertenece la interacción, así, como el grado de capacidades metrológicas de cada uno de los diferentes tipos de relación.

Antes de plantear la matriz, es necesario realizar una explicación de lo que se intenta representar en la Tabla 9.3) y argumentarlo con algunos ejemplos. En la primera columna, se indican los diferentes usuarios que interactúan en alguna forma con el centro, en la segunda columna, se identifica el motivo por el cual están interactuando, en la tercera columna, se inserta en algún tipo de proceso coevolutivo a las diferentes relaciones, tomando como indicador o marco de referencia a la relación entre características y manifestaciones presentadas en las Tablas 9.1) y 9.2), finalmente la última columna, indica el nivel de relación de la interacción, es decir, indica hasta que etapa del ciclo exploración/explotación llega la interacción, tomando como criterio para evaluar las características mostradas en la Tabla 9.2).

Para ejemplificar el criterio de categorización presentado en la Tabla 9.3) se desarrolla el primer caso de los laboratorios secundarios. En este sentido, el tipo de actividades que alimentan a la interacción entre el CENAM y los Laboratorios Secundarios se remite a servicios de calibración y Soporte técnico:

- Servicios de calibración

En este caso, los laboratorios deben estar periódicamente calibrando sus patrones nacionales, patrones secundarios o sistemas de referencia en relación a los patrones y sistemas primarios de referencia que se encuentran en el CENAM por ser el laboratorio nacional del cual parte la trazabilidad de las mediciones nacionales.

La actividad de calibración antes descrita cae dentro del grado de consolidación correspondiente a la primera etapa del ciclo exploración/explotación, el cual se caracteriza por algunos de los siguientes elementos que empatan con el caso en cuestión: estandarización de operaciones, eficiencia en aplicaciones, conocimiento codificado incorporado en procedimientos y operaciones, la competencia se incrementa para los laboratorios secundarios, especialización (Ver Tabla 9.2).

Tabla 9.3) Elementos característicos de las capacidades metrológicas del CENAM			
Relación	Motivo de Interacción	Proceso Coevolutivo	Grado de Relación
CENAM-Laboratorios secundarios	-Calibración -Soporte tecnológico	-Difusa	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
CENAM-VWM	-Capacitación -Calibración -Soporte tecnológico -Evaluación -Proyectos -Desarrollos tecnológicos	-Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
CENAM-Unidades MESURA, (UM's)	-Calibración -Soporte tecnológico -Evaluación -Proyectos	-Diversificadora	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
CENAM-Servicios a la industria	-Calibración -Pruebas -Soporte tecnológico	-Mutualismo -Antagónica	-Consolidación
CENAM-Centros Internacionales de Metrología	-Intercomparación -Colaboración	-Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
CENAM-Relación con SE	-Reportes -Informes -Solicitudes	-Mutualismo -Diversificadora	-Consolidación
CENAM-Otros Institutos de investigación Universidades	-Colaboración -Capacitación para apertura de nuevos laboratorios secundarios	-Mutualismo	-Consolidación -Generalización

Fuente: Elaboración propia

- Soporte tecnológico

Una vez establecido el laboratorio en algún centro de investigación, universidad o empresa, éste necesita de asesoría en pruebas y mediciones así, como apoyo metodológico para la realización de algunas de ellas, sin olvidar que para su acreditación se deben seguir ciertos procedimientos ya establecidos.

El soporte tecnológico además de la calibración y asesoría, implica encontrar nuevos mercados para las prácticas ya consolidadas, sobrevivir a partir de los recursos ya disponibles, aplicación de las prácticas y procedimientos ya existentes a nuevos contextos, y ajustarse a las combinaciones de insumos, herramientas, instrumentos y capacidades del personal; lo que finalmente implica características correspondientes al grado de relación de consolidación, generalización y diferenciación según la postura teórica de referencia.

Finalmente en la tercera columna, se establece que la coevolución entre CENAM y laboratorios secundarios responde a un proceso de coevolución difusa, especialmente cuando se incorporan a la dinámica del Sistema Metrológico Nacional en donde el incremento de capacidades metrológicas de los diversos agentes que conforman al SMN tiene un carácter difuso en su origen, debido a que la dinámica de interacción no permite visualizar de manera específica que relación es la que contribuyo a dicho incremento.

9.3 Capacidades Metrológicas del CENAM

Basándose en la información contenida en la Tabla 9.3), en este apartado se plantea una matriz de capacidades metrológicas utilizada para determinar las capacidades de medición del CENAM en función de las características presentes en cada una de las interacciones identificadas con los diferentes usuarios del sector automotriz. La matriz de capacidades metrológicas (Tabla 9.4), presenta dos relaciones principales:

Primero, conecta el tipo de relación con algún proceso coevolutivo, es decir, se toman como elementos de asociación a las características que identifican a los procesos

comparándolos con las singularidades de la interacción, de esta forma, se determina el proceso coevolutivo al cual responde la interacción.

Una vez que se tiene determinado el proceso coevolutivo al cual responde la interacción, solo falta determinar el grado de relación, para esto, se necesita la segunda asociación.

Segundo, conecta los motivos de interacción con el grado de relación, es decir, se empatan las tareas realizadas en la interacción con las actividades correspondientes a cada fase del ciclo exploración/explotación, de esta manera, se obtiene el grado de relación.

Tabla 9.4) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM				
Tipo de relación	Proceso Coevolutivo de la interacción			
	Mutualismo	Antagónica	Diversificadora	Difusa
CENAM-Laboratorios secundarios	-	-	-	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
CENAM-Relación VWM	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
CENAM-Relación con UM's	-	-	-Consolidación -Generalización -Diferenciación	-
CENAM-Servicios a la industria	-Consolidación	-Consolidación	-	-
CENAM-Centros Internacionales de Metrología	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
CENAM-Relación con SE	-Consolidación	-	-Consolidación	-
CENAM-Otros Institutos de Investigación, Universidades	-Consolidación -Generalización	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, habiendo realizado ambos cruces de información se presenta el resultado de manera condensada y congruente, de la evaluación de las capacidades de medición en la Matriz de Capacidades Metrológicas (Ver Tabla 9.4).

Antes de concluir, es necesario mencionar que la evaluación presentada en la Matriz de Capacidades Metroológicas (Tabla 9.4) corresponde a las capacidades de medición del Centro Nacional de Metrología como resultado de la constante interacción con los usuarios en general, es decir, sin considerar algún sector, industria o cliente en particular.

9.4 Capacidades del CENAM en el sector automotriz

En este trabajo, se considera la relación entre CENAM y Volkswagen de México (CENAM-VWM) como caso representativo del sector automotriz, para determinar el mayor grado de capacidades metroológicas que se ha alcanzado en una interacción entre el centro y los usuarios del sector automotriz.

Frente a esta consideración, se enfatiza sobre el caso en particular de la empresa automotriz VWM, por que la información contenida en este trabajo, recopilada vía diferentes fuentes de información, da testimonio de los proyectos efectuados en la relación CENAM-VWM y que además permite ver la evolución de la relación. Agregando que, desde la perspectiva del CENAM, VWM es el cliente número uno del sector automotriz, además de ser uno de los casos de éxito en la aplicación del programa MESURA.

En este sentido, se usa la información presentada en el capítulo anterior (Capítulo 8), es decir, basándonos en la descripción de cada uno de los diferentes proyectos identificados, se rescatan algunos aspectos cualitativos para empatarlos con características de los procesos coevolutivos y etapas del ciclo exploración/explotación para determinar el grado de relación.

Para realizar la evaluación correspondiente a las capacidades metroológicas del CENAM como resultado de la interacción con la empresa VWM, se procede de manera similar a la evaluación realizada en los apartados anteriores (Ver Tabla 9.3 y 9.4). En esta idea, se presenta el resultado como se muestra en la Tabla 9.5), Elementos característicos de las capacidades metroológicas.

Tabla 9.5) Elementos característicos de las capacidades metrológicas en el sector automotriz			
CENAM vs VWM	Motivo de Interacción	Proceso Coevolutivo	Grado de Relación
Proyecto Norma ISO/IEC 17025	-Asesoría -Capacitación -Calibración -Estandarización -Evaluación -Soporte tecnológico	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
Proyecto con Maquinas de coordenadas	-Asesoría -Capacitación -Calibración -Soporte tecnológico -Evaluación	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación
Proyecto de Par Torsional	-Asesoría -Capacitación -Soporte tecnológico -Evaluación -Construcción	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
Proyecto de emisiones a la atmósfera	-Calibración -Pruebas -Soporte tecnológico	Mutualismo	-Consolidación -Generalización
Proyecto de un equipo de pruebas por Inmersión por ultrasonido	-Asesoría -Capacitación -Soporte tecnológico -Evaluación -Construcción	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
Evaluación de la capacidad técnica de VW	-Asesoría -Capacitación -Soporte tecnológico -Transferencia y adaptación de prácticas existentes	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
Proyecto de Humanización de la Metrología	-Asesoría -Capacitación -Soporte tecnológico -Transferencia y adaptación de prácticas existentes	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
Certificación de Metrólogos en Dimensional	-Asesoría -Capacitación -Soporte tecnológico	Mutualismo	-Consolidación -Generalización
Proyecto de la barra desmontable de 5m de longitud	-Asesoría -Capacitación -Soporte tecnológico -Evaluación -Construcción	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad
Equipo de Metrología (<i>Metrology team</i>)	-Capacitación -Calibración -Estandarización -Evaluación -Soporte tecnológico	Mutualismo	-Consolidación -Generalización -Diferenciación

Fuente: Elaboración propia

Es necesario observar que la relación que se presenta entre el CENAM y VWM, responde a un tipo de proceso coevolutivo mutualista, es decir, el beneficio es mutuo y se caracteriza por que se presenta una convergencia en las capacidades metrológicas, hasta el grado de trabajar de manera conjunta para la realización de los proyectos y desarrollos, como se ha mencionado en el capítulo anterior.

Tabla 9.6) Matriz de capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz				
CENAM vs VWM	Proceso Coevolutivo de la interacción			
	Mutualismo	Antagónica	Diversificadora	Difusa
Proyecto Norma ISO/IEC 17025	-Consolidación -Generalización -Diferenciación	-	-	-
Proyecto con Maquinas de coordenadas	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Proyecto de Par Torsional	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Proyecto de emisiones a la atmósfera	-Consolidación -Generalización	-	-	-
Proyecto de un equipo de pruebas por Inmersión por ultrasonido	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Evaluación de la capacidad técnica de VW	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Proyecto de Humanización de la Metrología	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Certificación de Metrólogos en Dimensional	-Consolidación -Generalización	-	-	-
Proyecto de la barra desmontable de 5m de longitud	-Consolidación -Generalización -Diferenciación -Reciprocidad	-	-	-
Equipo de Metrología (<i>Metrology team</i>)	-Consolidación -Generalización -Diferenciación	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

No hay que olvidar que esta información además de proporcionar el nivel de capacidades, también es una muestra de la evolución de las capacidades metrológicas como resultado de la interacción, y cuando decimos evolución de capacidades es necesario resaltar que estas son mutuas.

En esta reflexión, basándose en la evidencia presentada, se puede decir que la relación entre CENAM-VWM ha logrado desarrollar capacidades metrológicas hasta la cuarta etapa del ciclo exploración/explotación en repetidas ocasiones. Esto implica que el nivel tecnológico y complejidad del proyecto sea mayor cada vez, puesto que en esta idea de la mejora continua, surgen nuevas oportunidades de desarrollos metrológicos.

Dentro de esta perspectiva queda demostrada la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM y usuarios como resultado de un proceso coevolutivo, que para el caso en particular CENAM-VWM es mutualista. En este sentido se agrega con toda certeza que las capacidades generadas por motivo de esta relación son internalizadas y generalizadas a todo el sector automotriz y diferenciadas en prácticas correspondientes a sectores diferentes al automotriz.

En este escenario, es necesario mencionar que aunque el número de desarrollos y proyectos tecnológicas de mayor complejidad sean escasos, no es muestra o evidencia de la poca capacidad metrológica del CENAM, puesto que el centro independientemente del número de proyectos tiene la misión de seguir preparándose y capacitándose para responder a las demanda del sector o industria.

9.5 Conclusiones

Después de presentar los elementos que intervienen en la valoración de las capacidades metrológicas del CENAM como resultado de la interacción con los usuarios, se detalla la

forma en que se realizan las conexiones entre procesos coevolutivos, tipos de interacciones y niveles de relación.

Con los elementos y conexiones bien identificadas, se procedió a vaciar la información obtenida a la matriz de capacidades metrológicas del CENAM y la de capacidades metrológicas del CENAM como resultado de la interacción, para finalmente obtener el nivel de capacidades metrológicas en función del ciclo exploración explotación.

De esta manera se responde a las preguntas iniciales ¿Qué elementos intervienen en la evaluación de las capacidades metrológicas? ¿De que manera están relacionados dichos elementos para realizar la evaluación? ¿Cómo son las capacidades del CENAM? ¿Cómo son las capacidades del CENAM en el sector automotriz?

Es importante decir a este respecto, que se han presentado los elementos que funcionan y se combinan como bloques de construcción para resultar en un objeto que para este caso en particular es el análisis de las capacidades metrológicas del CENAM en relación con los usuarios del sector automotriz.

De igual manera, es importante mencionar que los elementos presentes como evidencia, tienen un carácter general, es decir, por falta de recursos para profundizar en la evidencia no se cuenta con información lo suficientemente detallada para reforzar el sustento bajo el cual se realizó la conexión entre características de los distintos elementos involucrados en la evaluación final.

Frente a estas limitaciones, se considera que la evidencia presentada contiene los elementos mínimos para validar la hipótesis del trabajo, que hace alusión a que la evolución de las capacidades metrológicas del CENAM en el sector automotriz responde a un proceso coevolutivo en relación a la constante interacción con los usuarios del sector automotriz.

En otro orden de ideas, se ha mencionado que la escasa productividad en materia de proyectos y desarrollos tecnológicos de alta especialización, en el sector automotriz es

escasa en contraste con toda la infraestructura metrológica y capital humano especializado con que cuenta el centro como miembro coordinador de la Red MESURA I. Pero también es cierto que existen algunos obstáculos que impiden incrementar la cantidad de proyectos y desarrollos ya sea de forma conjunta o al interior del centro y que tendrían un impacto directo en el sector automotriz.

Así, surgen los cuestionamientos sobre por ¿que no es autosuficiente el centro en materia de I&D? ¿Qué elementos en particular controlan sus grados de libertad y movilidad tanto a nivel de situaciones relacionadas a la explotación y exploración? ¿Por qué se dice que es una cantidad escasa el número de proyectos realizados hasta la fecha, en donde se requiere de un elevado nivel de especialidad y complejidad?

Conclusiones

Capacidad del CENAM

Se ha visto que el CENAM cuenta con más de 120 laboratorios y 321 empleados en donde el 79% de ellos tiene grado de licenciatura y el 21% cuenta con estudio de posgrado, 25 Doctores y 41 Maestros en Ciencias, todo el personal del CENAM es de confianza, es decir, no cuenta con personal de base. También cuenta con 62 Patrones Nacionales en las principales áreas de aplicación del país (la mayor parte son del tipo primario y otros solo sistemas primarios) que le permiten ofrecer 392 servicios diferentes de calibración.

Durante el periodo 2000 a 2005 desarrollaron 154 materiales de referencia distribuidos en diferentes industrias, 127 proyectos de investigación entre internos y externos, se certificaron 1349 materiales de referencia en diferentes rubros y 1314 dictámenes de trazabilidad. Las actividades de difusión principalmente están concentradas en la participación en foros, reuniones, comités y en menor proporción en congresos y conferencias técnicas con solo 273 en el periodo.

La venta de servicios representa en promedio de la serie (2000-2005) el 20% de los ingresos totales y las transferencias del gobierno representan el 79% en promedio de la serie con una tendencia divergente. Estos datos permiten visualizar de manera general, la infraestructura con que cuenta el centro en materia de recursos humanos y recursos tecnológicos para afrontar las necesidades de medición de los usuarios. En este sentido también se observan algunos contrastes como:

Del personal con que cuenta el centro, qué porcentaje está involucrado en tareas administrativas y cuántos de ellos están relacionados directamente en la solución de las necesidades básicas de la industria y cuántos de ellos con el desarrollo y exploración de nuevas tecnologías de medición.

De igual forma si contrastamos el número de servicios *comodities* con el número de proyectos de investigación, es evidente que las actividades están concentradas en la realización de servicios de calibración, en donde los proyectos de investigación son en promedio 21 por año.

Ahora bien, la diferencia entre los servicios *comodities* y los proyectos de investigación, puede ser un problema de escala, es decir, que el personal del centro sea insuficiente para involucrarse en más proyectos de investigación, por lo que en su mayoría se encuentra involucrado en actividades que no están asociadas a exploración de nuevas oportunidades.

Un elemento muy importante que ha contribuido a la coevolución de las capacidades metrológicas entre el CENAM y los usuarios, ha sido sin duda el programa MESURA, y su escalamiento a la Red MESURA interinstitucional (Ver Capítulo 6), ya que los casos más exitosos en términos de generación de capacidades se han dado mediante la aplicación del programa MESURA.

La relevancia de la Red MESURA Interinstitucional consiste en que permite difundir las capacidades metrológicas del CENAM y UMs a un mayor espacio geográfico, con la posibilidad de incorporarse a las fases de diferenciación y reciprocidad que se caracterizan por que en ellas se realiza investigación y exploración de nuevos contextos metrológicos con el objetivo de generar mejoras incrementales que pueda conducir a alguna innovación radical.

La matriz de capacidades

El tema central de las conclusiones, es la matriz de capacidades metrológicas, debido a que es la herramienta que permite evaluar el nivel de capacidad de respuesta ante una necesidad metrológica. En este sentido, es importante preguntarse en qué medida explica o deja ver el estado actual del CENAM. De igual forma, según esta matriz, en que magnitud deja ver la evolución de las capacidades y el lugar en que debería de estar el centro como resultado de la interacción con los usuarios.

En este sentido, la relevancia que tiene el planteamiento de esta matriz consiste en que es una metodología que permite valorar el nivel de capacidades en un área o en diferentes rubros de una organización en forma simultánea. También deja ver el estado de capacidades que se desarrollan en un instante dado, lo que se ha realizado y lo que falta por realizar.

En otras palabras, la matriz de capacidades permite visualizar la trayectoria evolutiva de capacidades en una interacción, al igual que consiente ver el estado actual de las capacidades de una organización. En este contexto, se vale decir que una radiografía transversal y longitudinal de la interacción

Al incorporar los procesos coevolutivos en la matriz, también se agregan elementos que permiten ver la dirección o el sentido de las capacidades dentro de la interacción, es decir, permiten distinguir el contexto de la relación. Así mismo, incorporan las propiedades de los procesos coevolutivos como multinivelidad, causalidades multidireccionales, no linealidad, retroalimentación positiva y dependencia de la trayectoria e historia.

Como ejemplo, podemos ver las propiedades de multinivelidad, no linealidad, dependencia de la trayectoria e historia en la Tabla 9.4) y 9.6), en donde en la primera se muestra una evaluación de las capacidades metrológicas del CENAM como resultado de la interacción con diferentes tipos de usuarios. En este caso se incluye la relación con VWM pero a un nivel general, es decir, considerando el conjunto de trabajos efectuados con la empresa. En la Tabla 9.6) se muestran las capacidades a otro nivel, en este caso, nos introducimos a la relación VWM para ver la coevolución de las capacidades, como caso representativo, del sector automotriz.

Otros aspectos que regulan la intensidad de la interacción

Existen algunos elementos que influyen directamente en la magnitud de la diferencia entre la capacidad y los resultados, es decir, que potencializan, regulan o atenúan el desarrollo de competencias del centro. Ahora bien, es importante señalar en esta dirección que el nivel de capacidades que muestra la matriz, tiene una relación difusa con el número de proyectos, debido a que se puede contar con pocos desarrollos que sin embargo requieren de un elevado nivel metrológico y que también, por aspectos no necesariamente tecnológicos el número de trabajos sea pequeño.

Esto quiere decir que existen diversos elementos en los que se debería enfatizar para obtener un mejor balance entre los resultados y la infraestructura metrológica con que cuenta el centro para satisfacer la demanda. Iniciando por cuestionarse sobre qué elementos de la reconstrucción histórica de la metrología en México permite vitalizar o explicar el estado actual del CENAM y, en este sentido, retomar los elementos que no se han manejado adecuadamente y replantearlos para complementar o resarcir los errores del pasado.

En términos del desarrollo de capacidades de alto nivel metrológico, hay poca conectividad con el sector automotriz, dada la infraestructura, capital humano y tecnológico; y el nexo que existe se realiza según la información presentada con grandes empresas, que son las que concentran los desarrollos de mayor nivel tecnológico. En este sentido es conveniente preguntarse por qué no se realizan proyectos de ésta naturaleza con las pequeñas empresas, es elevado el costo de la implantación de programa MESURA y en el caso del CENAM, cuál es su capacidad de crédito para vender el servicio y finalmente, se cuenta con programas de apoyo económico que puedan financiar la implementación de la mejora continúa metrológica en la pequeña empresa.

Un elemento de gran relevancia que contribuye a marcar una gran diferencia entre los resultados y las capacidades, es el contrato celebrado entre el CENAM y las UMs. Debido a

que las unidades MESURA en coordinación con el centro suman competencias para incrementar la cartera de servicios metrológicos o relacionados que se ofrecen a los usuarios del sector automotriz y otros.

La relación CENAM-UMs tiene en el papel la obligación de diseminar el aseguramiento metrológico y la mejora continúa en una gran parte del territorio nacional, en este caso, es válido interrogarse sobre en qué medida el contrato brinda estímulos que fomenten la participación de las UMs en la venta de proyectos vía MESURA, o que las regalías que de él reciben sean atractivas.

El papel que tiene el gobierno también es un elemento regulador del nivel de capacidades del CENAM, debido a que con el presupuesto que se asigna al centro es menester preguntarse si es el adecuado para las funciones que en el papel debe realizar el centro, y si éste permite incentivar a los trabajadores para que se involucren con el sector o emprendan por sí mismos mejoras incrementales.

De la misma manera, es posible cuestionar al gobierno en el sentido de por qué no asigna los recursos suficientes, tal vez por que no advierte la necesidad nacional y del centro sobre adquirir equipo de punta relacionados con tecnología láser y ultrasonido, y aumentar el personal dedicado a la investigación de nuevos materiales y relacionados a la exploración de nuevas tecnologías de medición en todas las áreas.

Otro aspecto que se debe considerar en la generación o limitación de capacidades es la estructura organizacional, es decir, en que medida los bajos resultados son el resultado de la estructura organizacional, si se compara el número de proyectos tecnológicos con la infraestructura. En este sentido, surgen las preguntas, ¿Quién estableció esta estructura organizacional? ¿Fue el gobierno? ¿Bajo qué criterios se decidió que esa estructura en específico era lo óptimo? ¿Hará falta un cambio en la estructura organizacional?

En resumen

En forma resumida se puede concluir que el CENAM tiene una elevada capacidad para resolver problemas relacionados a la medición y generar desarrollos metrológicos, como el es el caso específico del sector automotriz que en este trabajo se evaluó, independientemente del número de servicios o trabajos. De igual forma, se dice que esta capacidad tiene algunos contrastes, ya que la evidencia muestra que la infraestructura metrológica es grande en relación a los resultados o números de proyectos realizados.

Pero también es importante reconocer que existen elementos que funcionan como reguladores de la interacción entre la infraestructura metrológica y la necesidad, es decir, entre el centro y los usuarios. Entre algunos elementos que se lograron identificar está el papel del gobierno, la estructura organizacional, los contratos, los incentivos, los costos de los servicios y los antecedentes históricos del CENAM.

Bibliografía

Abernathy, W. and J., Utterback (1978), "Patterns of Industrial Innovation", *Technology Review*, Vol. 81, pp. 41-47.

Abrams, P. (1986), "Adaptive responses of predators to prey and prey to predators: The failure of the arms race analogy", *Evolution*, Vol. 40, pp. 1229-1247.

Aguirre, J. (2004), "*Prospectiva Tecnológica industrial de México 2002-2015, Sector 6 Ingeniería, Área: 6.1 Ingeniería Automotriz*", Consejo de Desarrollo Tecnológico y Científico de Nuevo León, Enero. <<http://www.adiat.org/PROSPECTIVA%20PDF/6-1.pdf>>14-jun-2006

Aldrich, H. (1979), "*Organizations and Enviroments*", Prentince-Hall, Englewood Cliffs, N.J.

Argyris, C. and D. Schön (1978), "*Organizational Learning*", Reading, MA, Adisson Wesley.

Ashby, W. (1960), "*Design for a Brain*", (2nd ed.), Wiley, New York.

Axelrod, R. and M., Cohen (2000), "*Harnessing Complexity, Organizacional Implications of a Scientific Frontier*", Basic Books, USA.

Barnett, W., H., Greve, and D., Park (1994), "An evolutionary model of organizational performance", *Strategic management Journal*, Vol. 15, pp. 11-28. (Special issue)

Barnett, W. and M., Hansen (1996), "The Red Queen in Organizational Evolution", *Strategic Management Journal*, Vol 17 (supp.), pp. 139-157.

Baum, J. (1999), "Whole-part coevolutionary competition in organization" en *Variations in Organization Science, In Honor of Donald T. Campbell*, Sage, London, Vol. 7, pp. 113-135. (ed. J. Baum and B. McKelvey)

Baum, J. and J., Singh (1994), "*Evolutionary Dynamics of Organizations*", Oxford University Press, NY.

Beinhocker, E. (1997), "Strategy at the edge of chaos", *McKinsey Quart*, Vol. 1, pp. 25-39.

Bell, J. (2002), “*Cómo hacer tu primer trabajo de investigación*”, Gedisa editores, Barcelona.

Berenbaum, M. (1983), “Coumarins and caterpillars, A case for coevolution, *Evolution*, Vol. 37, pp. 163-179.

Brown, J. and T., Vincent (1992), “Organization of predator-prey communities as an evolutionary gama”, *Evolution*, Vol. 46, pp. 1269-1283.

Brown, W. and E., Wilson (1956), “Character displacement”, *Systematic Zoology*, Vol. 5, pp. 49-64.

Buchmann, S. (1987), “The ecology of oil flowers and their bees”, *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 18, pp. 343-369.

Bunge, M., (1975), “*La ciencia su método y su filosofía*”, Siglo veinte, Buenos Aires.

Burdon, J., J. Oates y D., Marshall (1983), “Interactions between *Avena* and *Puccinia* species, I. The Wild hosts: *Avena barbata* Pott ex Link, *A. Fatua* L., and *A. ludoviciana* Durieu”, *Journal of Applied Ecology*, Vol. 20. pp. 571-584.

Burgelman, R. (1991), “Intraorganizational ecology of strategy making and organizational adaptation, Theory and field research”, *Organization Science*, Vol. 2, No. 3, pp. 239-262.

Burgelman, R. (1994), “Fading memories, A process theory of strategic business exit in dynamic environments”, *Administration Science Quart*, Vol. 39. No. 1, pp. 34-56.

Burgelman, R. (1996), “A process model of strategic business exit, Implications for an evolutionary perspective on strategy”, *Strategic Management Journal*, Vol. 17, pp. 193-214. (Sup. Evolutionary Perspective on Strategy)

Burger, J. and G., Williams (2002), “The economic role of measurements in the automobile sector”, *European Measurement Project*, Pembroke College, Oxford, July.

Cane, J., G. Eickwort, F. Wesley y J., Speilholz (1983), “Foraging, grooming, and mateseeking behaviors of *Macropis nuda* (Hymenoptera: Melittidae) and use of *Lysimachia ciliate* (Primulaceae) oils in larval provisions and cell linings, *American Midland Naturalist*, Vol 110, pp. 257-264.

Casti, J. (1994), “*Complexification, Explaining a Paradoxical World through the Science of Surprise*”, HarperCollins, New York.

Calori, R., M. Lubatkin, P. Very and J., Veiga (1997), “Modelling the origins of nationally bound administrative heritages, A historical institutional analysis of French and British firms”, *Organization Science*, Vol. 8, No. 6, pp. 681-696.

Carroll, L. (1946), *"Trough the Looking Glass & What Alice Found There"*, New York, Grosset & Dunlap.

CENAM, (2003), "El Sistema Internacional de Unidades (SI)", *Publicación Técnica CNM-MMM-PT-003*, México.

Centro de Coordinación MESURA y Centro Nacional de Metrología (2000), "Proyecto Red MESURA interinstitucional", Diciembre. (Coord. Salvador Echeverría Villagómez)

CIPM , "Envolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM", Paris, Abril, 2003.

CIPM, "National and international needs relating to metrology: International collaborations and the role of the BIPM", Paris, 1998.

Clegg, S., M., Kornberger and T., Pitsis (2004), Chapter 1: "Making Sense of Management", en *Managing and Organization: an Introduction to Theory and Practice*, Sage, 584.

Colin, R. (2002), *"Real World Research"*, Blackwell Publishers, USA.

Croguennec, A-G y A., Lara (2005), "Coevolución de conglomerados, empresas e instituciones en la frontera norte de México", *Comercio exterior*, Vol. 55. No. 11, Noviembre.

Chandler, A. (1962), *"Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise"*, MIT Press, Cambridge, MA.

Cohen, J. and J., Stewart (1994), *"The Collapse of Chaos, Discovering Simplicity in a Complex World"*, Viking, New York,

Cyert, R. and J., March (1963), *"A Behavioral Theory of the firm"*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

D,Aveni, R. and R., Gunther (1994), *"Hipercompetition, Managing the Dynamics of Strategic Maneuvering"*, The Free Press, New York.

David, P. (2000), "Path dependence, its critics and the quest for historical economics", *All Souls College*, Oxford & Stanford University, Junio.

Dijksterhuis, M., F. Van den Bosch, H. Volberda (1999), "Where do new organization forms come from? Management logics as a source of coevolution", *Organization Science*, Vol. 10, issue 5, pp. 569-582.

Djelic, M. and A., Aniamo (1999), "The Coevolution of New Organizational Forms in the Fashion Industry: A Historical and Comparative Study of France, Italy, and the United States", *Organization Science*, Vol. 10, No. 5, pp. 622-637.

Echeverría, S., Y. Mitani y H. Nava (2001), "MESURA 2000: a strategy to integrate a true communication network of metrology experts with process technology experts", *Accreditation and Quality Assurance: Journal of Quality, Comparability and Reliability in Chemical Measurement*, Vol. 6, N0. 2, Febrero, pp. 80-84.

Echeverría, S. (2003), "Evolutionary mechanism for structured growth of metrological systems in developing economies", XVII IMEKO World Congress, June 22-27, Dubrovnik, Croatia

Echeverría, S., et al (CENAM) y A., Bada, et al (VWM) (2003), "Proyecto de Cooperación CENAM-Volkswagen de México Para Innovación y Desarrollo Tecnológico en Metrología", *AKJ Automotive: Cooperative Applied Research Award México, CARAM 2003*.

Echeverría, S., M., Flores, G., Rivera, A., Ruiz, (CENAM) y M., Hernández, A., Bada, (VWM) (2003), "Experience in the implementation of the laboratory metrological structure of an Automotive Company to meet the ISO/IEC 17025 Standard", *NCSL Internacional Workshop and Symposium*, Tampa Bay, FA, Agosto.

Ehrlich, P. and P., Raven (1964), "Butterflies and plants: A study in coevolution", *Evolution*, Vol. 18, pp. 586-608.

Fiol, C and M., Lyles (1985), "Organizational Learning", *Academy of Management Review*, Vol. 10, No. 4, pp 803-813.

Flor, H. (1942), "Inheritance of pathogenicity in *Melampsora lini*", *Phytopathology*, Vol. 32, pp. 653-669.

Flor, H. (1955), "Host-parasite interaction in flax rust –its genetics and other implications", *Phytopathology*, Vol. 45, pp. 680-685.

Futuyma, D. and M., Slatkin (1983), "*Coevolution*", Sinauer Associates, Sunderland, Mass.

Galunic, D. and K., Eisenhardt (1996), "The evolution of intracorporate domains, Divisional charter losses in high-technology, multidivisional corporation", *Organization Science*, Vol. 7, No. 3, pp. 255-282.

García, A. y A., Lara (2005), "Cúmulos, competencia y cooperación", en *el auto global: desarrollo, competencia y cooperación en la industria el automóvil*, CONACYT, BUAP, UAM-XOC, UI-Santa Fe. (Coord. Juárez, H., A., Lara y C., Bueno), México.

Garud, R. and A., Van de Ven (1992), "An empirical evaluation of the internal corporate venturing process", *Strategic management Journal*, Vol. 13, pp. 93-109.

Gilsing, V. and B., Nooteboom (2006), "Exploration and exploitation in innovation systems: The case of pharmaceutical biotechnology", *Research Policy*, Vol. 35, pp. 1-23.

Grunow, D., (1995), "The Research Design in Organization Studies: Problems and Prospects", *Organization Science*, Vol 6, No. 1.

Hairston, N., Sr. K. Nishikawa, y S., Stenhouse (1987), "The evolution of competing species of terrestrial salamanders, Niche partitioning or interference?" *Evolutionary Ecology*, Vol. 1, 99. 247-262.

Hannan, M. and J., Freeman (1987), "The Ecology of Organizational Foundings: American Labor Unions, 1836-1985", *American Journal of Sociology*, Vol. 92, pp. 910-943.

Hamel, G. (1991), "Competition for competence and interpartner learning within international strategic alliances", *Strategic Management Journal*, Vol. 12, pp. 83-103.

Hayek, F. (1976), "*Law, Legislation and Liberty: The Mirage of Social Justice*", University of Chicago Press, Chicago.

Hedberg, P., P., Nystrom and W., Starbuck (1976), "Camping on Seesaws: Prescription for a Self-designing organization", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 21, pp. 41-65.

Henderson, R. and K., Clark (1990), "Architectural Innovation: The Reconstruction of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms", *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35, pp. 9-30.

Hernández, A., M., Fabela y M., Martínez (2001), "Sistemas de Calidad y Acreditación aplicados a Laboratorios de Prueba", SCT, *Publicación Técnica*, No. 185, Sanfandila, Qro. < <http://boletin.imt.mx/publicaciones/pubtec/pt185.pdf>> 7-nov-2006.

Hernández, M. y H., Aguilar, (VWM) (2006), "Experiencias con el Uso de Artefactos de Esferas para la Evaluación del Desempeño de Máquinas de Medición por Coordenadas en Volkswagen de México", *Simposio de Metrología*, 25 al 27 de Octubre.

Hey, J. (1982), "Search for Rules for Search", *Journal of Economic Behavior and Organization*", Vol. 3, pp. 65-81.

Heylighen, F. and D., Campbell (1995), "Selection of organization at the social level, Obstacles and facilitators of metasystem transitions", *World Futures: J.General Evolution*, pp. 118-212. (Special Issue)

Hofbauer, J., P., Schuster and K., Sigmund (1979), "A note on evolutionarily stable strategies and game dynamics", *Journal of Theoretical Biology*, Vol. 81, pp. 609-612.

Holland, J. (1975), "*Adaptation in Natural and Artificial Systems*", Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.

Holland, J. (2004), “*El orden Oculto, de cómo la adaptación crea la complejidad*”, FCE; México; 2004.

Howarth, P. (2003), “*Metrology-in short*”, 2nd edition, Diciembre, ISBN: 87-988154-1-2

Hualde, A. y A., Lara (XXX), “Escalamiento tecnológico y coevolución empresas-instituciones en la frontera norte: un estudio de caso”.....

Hutchinson, G. (1959), “Homage to Santa Rosalia or Why are there so many kinds of animals?” *American Naturalist*, Vol. 93, pp. 145-159.

Huygens, M. (1999), “Co-evolution of capabilities and competition: A study of the music industry”, *PhD Series in General Management, Róterdam School of Management*, Vol. 33, Rotterdam, The Netherlands.

Ibarra, C. (2001), “Los saberes sobre la organización, etapas, enfoques y dilemas”, en *La universidad en México hoy: gubernamentalidad y modernización*, UNAM, Universidad Autónoma Metropolitana y ANUIES, México, 524

Ilinitch, A., A., Lewin and R., D’Aveni (1998), “*Managing in Times of Disorder, Hypercompetitive Organizational Responses*”, Sage, Thousand Oaks, CA.

INEGI, “*La industria automotriz en México*”, Ediciones 2000-2005, Serie de estadísticas sectoriales.

Jacoby, N. (2005), “Exploration and exploitation strategies. What kind of analytical models?”, *Cahiers de la Maison des Sciences Economiques*, Université Paris I Panthéon-Sorbonne.

Janzen, D. (1966), “Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America”, *Evolution*, Vol. 20, pp. 249-275.

Janzen, D. (1967a), “Fire, vegetation structure, and the ant x acacia interaction in Central America”, *Ecology*, Vol. 48, pp. 26-35.

Janzen, D. (1967b), “Interaction of the bull`s-horn acacia (*acacia cornigera* L.) with an ant inhabitant (*Pseudomyrmex ferruginea* F. Smith) in eastern México”, *University of Kansas Science Bulletin*, Vol. 47, pp. 315-558.

Janzen, D. (1980), “When is it coevolution”, *Evolution*, Vol. 34, pp. 611-612.

Juárez, H. (2005a), “La Industria proveedora de autopartes”, en *el auto global: desarrollo, competencia y cooperación en la industria el automóvil*, CONACYT, BUAP, UAM-XOC, UI-Santa Fe. (Coord. Juárez, H., A., Lara y C., Bueno), México.

Juárez, H. (2005b), “La industria del automovil en México”, en *el auto global: desarrollo, competencia y cooperación en la industria el automóvil*, CONACYT, BUAP, UAM-XOC, UI-Santa Fe. (Coord. Juárez, H., A., Lara y C., Bueno), México.

Kahneman, D and A. Tversky (1979), “Prospect Theory: An análisis of decisión under Risk”, *Econometrita*, Vol. 47, pp. 263-291.

Kauffman, S. (1993), “*The Origins of Order, Self-organization and Selection in Evolution*”, Oxford University Press, New York.

Kauffman, S. (1995), “Technology and evolution: Escaping the Red Queen effect”, *McKinsey Quart*, Vol. 1, pp 118-129.

Kieser, A. (1989), “Organizational, institutional, and societal evolution, Medieval creft guilds and the genesis of formal organizations”, *Administration Science Quart*, Vol. 34, No. 4, pp. 540-564.

Kind, D. (1997), Metrología el reto global en, “Meeting of directors of national metrology institutes held in Sèvres on 17 and 18 February”, *Metrología*, Vol. 34, pp. 433-441.

Kind, D., and H., Lübbig (2003), “Metrology-the present meaning of a historical term”, *Metrología*, Vol. 40, 255-257.

Koza, M. and A., Lewin (1998), “The co-evolution of strategic alliances”, *Organization Science*, Vol. 9, No. 3, pp. 255-264.

Kuran, T. (1988), “The Tenacious Past: Theories of Personal and Collective Conservatism”, *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 10, pp. 143-171.

Langlois, R. and P., Robertson (1995), “*Firms, Markets and Economic Change*”, Routledge, London and New York.

Lara, A., J. Arellano y A. Garcia (2005), “Coevolución tecnológica entre maquiladoras de autopartes y talleres de maquinado”, Comercio exterior, Julio

Levinthal, D. (1991), “Random walks and organizational mortality”, *Administration Science Quart*, Vol. 36, No. 3, pp. 397-420.

Levinthal, D. (1997), “Adaptation on Rugged landscape”, *Management Science Journal*, Vol. 43, No. 7, pp 934-950.

Levinthal, D, and J. March (1981), “A Model of Adaptative Organizational Search”, *Journal of Economic Mehavior and Organization*, Vol. 2, pp. 307-333.

Levinthal, D, and J. March (1993), “The myopia of learning”, *Strategic Management journal*, vol. 14, pp. 45-62. (Special Issue)

Levinthal, D. and J. Myatt (1994), "Co-Evolution of Capabilities and Industry: The Evolution of Mutual Fund Processing", *Strategic Management Journal*, Vol. 15, pp. 45-62. (Special Issue)

Levitt, B. and J. March (1988), "Organization Learning", *Annual Review of Sociology*, 14 annual Reviewers, Palo Alto, CA., pp. 319-340. (ed. W.R. Scott)

Lewin, A., C. Long, T. Carroll (1999), "The Coevolution of New Organizational Forms", *Organization Science*, Vol. 10, No. 5, pp. 535-550.

Lewin, A. and H. Volberda (1999), "Prolegomena on Coevolution: A Framework for Research on Strategy and New Organization Forms", *Organization Science*, Vol. 10, No. 5, pp. 519-534, Focused Issue: Coevolution of Strategy and new Organization Forms.

LEY Federal sobre Metrología y Normalización (1992), Diario Oficial de la Federación, 01 julio.

Luna, D. y S., Luna (2003), "Planeación logística del ensamble rin-llanta para Jetta A4, New Beetle, New Beetle Cabrio y VW Sedán, en la planta Volkswagen Puebla", Tesis Licenciatura. Ingeniería Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla.

MacArthur, R. and R., Levins (1967), "The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species", *American Naturalist*, Vol. 110, pp. 377-385.

March, J. (1991), "Exploration and Exploitation in Organizational Learning", *Organization Science*, Vol. 2, No. 1, pp. 71-87. (Special Issue)

McKelvey, S. (1997), "Quasi-natural organization science", *Organization Science*, Vol. 8, No. 4. pp 352-380.

Mezias, S. y T., Lant (1994), "Mimetic learning and the evolution of organizational populations", *Evolutionary Dynamics of Organizations*, Oxford University Press, New York. (Ed. J. A. C. Baum and J.V. Singh)

Mode, C. (1958), "A mathematical model for the co-evolution of obligate parasites and their hosts", *Evolution*, Vol. 12, pp. 158-165.

Mokyr, J. (1990), "The Lever of Riches: Technological Creativity and Economic Progress", Oxford, Oxford University Press.

Montiel, S., I., Toxqui (2004), "Medición del trabajo en la nave piloto de VWM para la reducción de los tiempos de entrega", Tesis Licenciatura, Ingeniería Industrial, Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla.

Nelson, R. (1994), *The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions*, en Dosi et al (2001), *Technology, Organization and Competitiveness, Perspectives on Industrial and Corporate Change*, Oxford University Press, pp. 319-335.

Nelson, R. and S., Winter (1982), *"The Evolutionary Theory of the Firm"*, Cambridge, MA, Harvard University press.

Nelson, R. (2001), "The Co-evolution of Technology, Industrial Structure, and Supporting Institutions", en *Technology, organization, and Competitiveness, perspectives on Industrial and corporate change*, Oxford University Press. (ed. G. Dosi, D. Teece, J. Chytry)

Nitecki, M. (1983), *"Coevolution"*, University of Chicago Press, Chicago.

Nonaka, I. and H., Takeuchi (1995), *"The Knowledge Creating Company"*, Oxford University Press, Oxford.

Nooteboom, B. (1999), "The Combination of Exploitation and Exploration: How does it work?", *EGOS Colloquium, Knowledge and Organization Track*, Warwick, 3-6 July.

Nooteboom, B. (2000), *"Learning and innovation in Organizations and Economies"*, Oxford University Press, USA.

Nooteboom, B. (2004), *"Interfirm Collaboration, Learning and Networks, an Integrated Approach"*, Routledge, London.

Patton, M. (1990), *"Qualitative Evaluation and Research Methods"*, Sage Publications, London, Second Edition.

Penrose, E. (1959), *"The theory of the Growth of the Firm"*, Oxford, Brasil Blackwell

Pettigrew, A. (1985), *"The Awakening Giant, Continuity and Change in Imperial Chemical Industries"*, Brasil Blackwell, Oxford.

Pimentel, D. (1961), "Animal population regulation by the genetic feed-back mechanism", *American Naturalist*, Vol. 95, pp. 65-79.

Pimentel, D. (1988), "Herbivore population feeding pressure on plant host: Feedback evolution and host conservation", *Oikos*, Vol. 53, pp. 289-302.

Pimentel, D. and A., Belloti (1976), "Parasite-host population systems and genetic stability", *American Naturalist*, Vol. 110, pp. 877-888.

Pimentel, D., E. Feinberg, P. Wood, and J., Hayes (1965), "Selection, spatial distribution and the coexistence of competing fly species", *American Naturalist*, Vol. 99, pp. 97-109.

Pimentel, D., S., Levin and D., Oslo (1978), "Coevolution and the stability of exploiter-victim systems", *American Naturalist*, Vol. 112, pp. 119-125.

Radner, R. y M., Rothschild (1975), "On the Allocation of Effort", *Journal of Economic Theory*, Vol. 10, pp. 358-376.

Reed, M. (1996), "Organizational Theorizing: a Historically Contested Terrain" (31-56), en *Handbook of Organization Studies* (edited by Clegg, S., C. Hardy and W. Nord), Sage, London, Thousand Oaks and New Delhi, 730

Robertson, A., *et al* (1997)., "North American Metrology Cooperation (NORAMET)", *Metrología*, Vol. 34, pp. 195-196.

Rodulfo, R. (VWM) y R., Amezola (CENAM) (2006), "Implantación de Técnicas de Ultrasonido por Inmersión en la Inspección de Ensamblajes Automotrices", *Simposio de Metrología*, 25 al 27 de Octubre.

Roughgarden, J. (1972), "Evolution of niche width", *American Naturalist*, Vol. 106, pp. 683-718.

Roughgarden, J. (1974), "Species packing and the competition function with illustrations from coral reef fish", *Theoretical Population Biology*, Vol. 5, pp. 163-186.

Roughgarden, J. (1976), "Resource partitioning among competing species – a coevolutionary approach", *Theoretical Population Biology*, Vol. 9, pp. 388-424.

Rosenzweig, M., J., Brown and T., Vincent (1987), "Red Queens and ESS: The coevolution of evolutionary rates", *Evolutionary Ecology*, Vol. 1, pp. 59-94.

Sagasti, F. y C. Cook (1987), "La ciencia y la tecnología en América Latina durante el decenio de los ochenta", *Comercio Exterior*, Vol. 37, Núm. 12, México, pp. 1006-1026.

Schaffer, W, and M., Rosenzweig (1978), "Homage to the Red Queen. I. Coevolution of predators and their victims", *Theoretical Population Biology*, Vol. 14, pp. 135-157.

Schoener, T. (1974), "Resource partitioning in ecological communities", *Science*, Vol. 185, pp. 27-39.

Schumpeter, J. (1934), "*The Theory of Economic Development*", Cambridge, MA, Harvard University Press.

Schumpeter, J. (1947), *The Dynamics of Competition and Monopoly*, en "*Monopoly and Competition*". Edited in Hunter.

Selltiz, C. *et al* (1973), "*Métodos de investigación en las relaciones sociales*", Ediciones Rialp, Madrid, Sexta edición.

Sill, F. (2004), “Propuesta para el proceso de ensamble de motor con caja de transmisión para el modelo de automóvil volkswagen A5”, Tesis Licenciatura. Ingeniería Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial y Textil, Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas, Puebla

Simon, H. (1955), “A Behavioral Model of Rationale Choice”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 69, pp. 99-118.

Steiner, K y V., Whitehead (1990), “Pollinator adaptation to oil-secreting flowers –*Rediviva* and *Diascia*”, *Evolution*, Vol. 44, pp. 1701-1707.

Simpson, B., J. Neff y D. Seigler (1983), “Floral biology and floral rewards of *Lysirnachia* (Primulaceae)”, *American Midland Naturalist*, Vol. 110, pp. 249-256.

Stinchcombe, A. (1965), “Organizations and social structure”, en *Handbook of Organizations*, Rand McNally, Chicago, pp 142-193. (ed. J. March)

Thompson, J. (1982), “*Interaction and coevolution*”, Wiley, Nueva York

Thompson, J. (1986), “Patterns in coevolution”, en *Coevolution and systematics*, Clarendon Press, Oxford, pp. 119-143. (ed. A. Stone y D. Hawksworth)

Thompson, J. (1989), “Concepts of Coevolution”, *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 4, No. 6, Junio.

Thompson, J. (1999), “The raw material for coevolution”, *OIKOS*, Vol. 84, Tema 1, pp. 5-16.

Thompson, J. (2003), “*El proceso voevolutivo*”, FCE, México.

Tushman, M. and L., Rosenkopf (1996), “Executive succession, strategic reorientation and performance growth, A longitudinal study in the U.S. cement industry”, *Management Science*, Vol. 42, No. 7, pp. 939-953.

Van Valen, L. (1973), “A new evolutionary law”, *Evolutionary Theory*, Vol. 1, pp. 1-30.

Volverda, H. (1998), “*Building the Flexible Firm*”, Oxford University Press, Oxford.

Voort, X. van der (1999), “*Knowledge Conversion in Information Systems: The Case of the Dutch Army*”, Report by the Faculty of Management and Organization, Groningen University, PO Box 800, 9700 AV Groningen, the Netherlands.

Vries, J. De and A., Van der Woude (1995), *Nederland 1500-1518*, The Netherlands 1500-1815, Amsterdam, Balans.

Vogel, S. y C., Michener (1985), "Long bee legs and oil-producing floral spurs, and a new *Rediviva* (Hymenoptera, Melittidae; Scrophulariaceae), *Journal of the Kansas Entomological Society*, Vol. 58, pp. 359-364.

Volkswagen de México, S.A. de C.V. (2006), "Reporte anual del 01 de enero al 31 de diciembre del 2005", 15 de febrero.
<<http://www.vw.com.mx/CWE/EstadosFinancieros/Archivosinfoanual2005.pdf>>
(Noviembre, 2006).

Weber, M. (1978), "Economy and Society: An Outline of Interpretive Sociology", University of California Press, Berkeley.

Weick, K. (1979), "The Social Psychology of Organizing", Addison Wesley, Reading, MA.

Williamson, O. (1975), "Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications", New York, Free Press.

Williamson, O. (1985), "The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting", New York, Free Press.

Winter, S. (1971), "Satisficing, Selection, and the Innovating Remnant", *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 85, pp. 237-261.

Wusty, S., M., Colombo, S., Dutta and B., Nooteboom (2005) "Empirical tests of optimal cognitive distance", *Journal of Economic Behaviour and Organization*, Vol. 28, No. 2, pp. 277-302.

Yin, R. (1994). "Case study research: Design and methods", (2nd ed.). Beverly Hills, CA: Sage Publishing

Paginas web:

<http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol1.htm> 3 Mayo de 2006

<http://www.natureduca.com/cienc_bio_procesosevol2.htm> 3 Mayo de 2006

<<http://www.elacuarista.com/glosario1.htm>> 9 de marzo de 2006

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Mutualismo>> 3 Mayo de 2006

<<http://www.amia.com.mx>> 2-Junio-2005

<<http://www.inegi.gob.mx>> 2-Junio-2005

<<http://www.ambiente-ecologico.com/ediciones/diccionarioEcologico/diccionarioEcologico.php3>> 3 Mayo de 2006.

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Mutación>> 3 Mayo de 2006.

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Mutualismo>> 3 Mayo de 2006.

<<http://es.wikipedia.org/wiki/Gametos>> 21 Mayo de 2006

<<http://www.cenam.mx/calibracion/otrainformacion.asp>> 08 Noviembre de 2006
<<http://www.simet.gob.mx/vw.htm>> octubre
<<http://www.cenam.mx/cmu-mmc/Que%20son%20MMC.htm>> 30-Junio-2006
<<http://www.angelfire.com/mo2/marivi/Environmental%20Systems%20Glossary.html>>
20-oct-2006
<<http://www.cenam.mx/quienes.asp>> 23-Junio-2006
<<http://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/RemMensualHonorarios.htm>> 30-Jun-
2006
<<http://www.cenam.mx/patrones.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/calibracion/default.asp>> 30-Jun-2006
<<http://www.cenam.mx/publicaciones/tecnicas/default.asp>> 30-Jun-2006
<<http://www.cenam.mx/articulos.asp>> 30-Jun-2006
<<http://www.cenam.mx/materiales/aptitudtecnica2006.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/publicaciones/gratuitas/>> 30-Jun-2006
<<http://www.cenam.mx/transparencia/organigrama.asp>> 30-Jun-06
<<http://www.cenam.mx/dme/>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/dmfisica.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/dmmateriales.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/dmmecanica.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/transparencia/dadministracion.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/serviciostec.asp>> 30-Jul-2006
<<http://www.cenam.mx/transparencia/Archivos/Estadosfinancieros2002-05.htm>> 30-Jun-
2006
<http://www.simet.gob.mx/principios_pm.htm> 30-Jun-2006
<<http://www.fsd.org.pe/normas/glosario.htm>>
<<http://www.simet.gob.mx/informacion.htm>> 30-Junio-2006
<<http://www.cenam.mx/transparencia/default.asp#>> 30-Junio-2006
<http://www.simet.gob.mx/etapas.htm> 30-Junio-2006
<<http://www.cenam.mx/calibracion/otrainformacion.asp>> 08-Nov-2006
<<http://www.cenam.mx/cmu-mmc/que%20son%20mmc.htm>> 7-Nov-06
<[http://es.wikipedia.org/wiki/Visi3n artificial](http://es.wikipedia.org/wiki/Visi%C3%B3n_artificial)> 8 de Julio del 2006
<<http://www.simet.gob.mx/vw.htm>> 30-Junio-2006
<<http://www.cenam.mx/cmu-mmc/Que%20son%20MMC.htm>> 30-Junio-2006
<<http://www.cenam.mx/publicaciones/descargas/PDFFiles/cnm-pnm-23.PDF>> 8-Nov-2006
<<http://www.olympusndt.com/es/>> 23-Sep-06
<http://es.wikipedia.org/wiki/Era_de_los_Descubrimientos> 13-Diciembre-2006
<<http://www.economia.gob.mx/index.jsp?P=2361#Definiciones>> 12-Ene-06