

DIAGNÓSTICO Y PROSPECTIVA DE LA

# MECATRÓNICA

EN MÉXICO



SE

SECRETARÍA  
DE ECONOMÍA



## Introducción

La Mecatrónica surge de la combinación sinérgica de distintas ramas de la Ingeniería, entre las que destacan: la mecánica de precisión, la electrónica, la informática y los sistemas de control. Su principal propósito es el análisis y diseño de productos y de procesos de manufactura automatizados.

La historia de la Mecatrónica en México inicia a principios de los 90, cuando varias Instituciones de educación superior ofrecen algunas asignaturas de mecatrónica. En lo que respecta a las empresas es difícil saber con precisión la fecha en la cual se inició la incorporación de procesos o productos mecatrónicos, sin embargo se sabe que el sector automotriz fue pionero y en la actualidad se mantiene en la cabeza, se espera que el sector aeronáutico siga tomando fuerza y con ello sea otro pilar en el desarrollo de la mecatrónica a nivel industrial.

A solicitud de la Secretaría de Economía y la Fundación Mexicana para la Innovación y Transferencia de Tecnología en la Pequeña y Mediana Empresa, FUNTEC, A.C., se realizó el presente estudio, el cual contempla un diagnóstico y prospectiva de la Mecatrónica en México, esto desde un panorama académico e industrial.

Resultó relevante en este diagnóstico que el desarrollo de la oferta académica supera a la demanda industrial, lo cual puede ser una fortaleza siempre y cuando logre motivar el desarrollo de la industria.

Se observó también que el término “mecatrónica” no es totalmente conocido ni utilizado por las empresa y en ocasiones cuentan con procesos y equipos mecatrónicos sin siquiera saberlo.

Otro aspecto destacable de los resultados del diagnóstico es que un bajo porcentaje de los egresados en ingeniería mecatrónica trabaja en su área, el resto son ocupados para trabajar en ramas afines de la ingeniería.

## a. Diagnóstico tecnológico sobre la situación actual de la mecatrónica en México.

El término Mecatrónica fue acuñado en 1969 por el ingeniero japonés Yakasawa, la palabra mecatrónica ha sido definida de varias maneras. Un consenso común es describirla como una disciplina integradora de las áreas de mecánica, electrónica e informática cuyo objetivo es proporcionar mejores productos, procesos y sistemas. La mecatrónica no es, por tanto, una nueva rama de la ingeniería, sino un concepto recientemente desarrollado que enfatiza la necesidad de integración y de una interacción intensiva entre diferentes áreas de la ingeniería.

Un sistema mecatrónico típico recoge señales, las procesa y, como salida, genera fuerzas y movimientos. Los sistemas mecánicos son entonces extendidos e integrados con sensores, microprocesadores y controladores. Los robots, las máquinas controladas digitalmente, los vehículos guiados automáticamente, las cámaras electrónicas, las máquinas de telefax y las fotocopadoras pueden considerarse como productos mecatrónicos. Al aplicar una filosofía de integración en el diseño de productos y sistemas se obtienen ventajas importantes como son mayor flexibilidad, versatilidad, nivel de "inteligencia" de los productos, seguridad y confiabilidad así como un bajo consumo de energía. Estas ventajas se traducen en un producto con más orientación hacia el usuario y que puede producirse rápidamente a un costo reducido

### Aplicación en México

La historia de la Mecatrónica en México inicia a principios de los 90, cuando varias Instituciones de Educación Superior como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Anáhuac del Sur (UAS) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) ofrecen las primeras asignaturas orientadas en la enseñanza del concepto de la Mecatrónica en licenciatura y posgrado.<sup>1</sup>

En 1994 inicia esta opción educativa la Universidad Anáhuac del Sur, posteriormente en 1997 la Unidad Profesional Interdisciplinaria en Ingeniería y Tecnologías Avanzadas (UPIITA) del IPN ofrece la Licenciatura en Ingeniería Mecatrónica en México.

Ambas carreras iniciaron con un grupo reducido de alumnos. A mediados de los 90s, otras Universidades se interesan en conocer más sobre esta disciplina y de las posibilidades que tiene para lograr un mejor desarrollo profesional de sus egresados. A finales de los 90s, algunas Instituciones brindan estudios más completos de la Mecatrónica mediante diplomados y cursos de especialización en postgrado, como es el caso del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM). Así

---

<sup>1</sup> <http://www.mecamex.net/docs/meca01.pdf>



mismo, otras Universidades como la Universidad Iberoamericana, La Salle y la UNAM, brindan estudios similares mediante carreras como Ingeniería Cibernética y en Sistemas computacionales.

A mediados del 2000, el ITESM se suma a las Universidades que ofrecen la carrera de Ingeniería Mecatrónica en el mundo, después de un largo y complejo proceso que le llevo varios años, se logra formar la Academia de Mecatrónica del Sistema ITESM, coordinados por el Dr. Eugenio García del Campus Monterrey.

Recientemente, se han creado diversos Departamentos de Mecatrónica en Universidades, Institutos y Centros de Investigación y Desarrollo, los cuales se encuentran en los primeros años de operación. En las Universidades la formación del Ingeniero se basa en lograr una generalización de conocimientos en Mecánica, Electrónica e Informática bajo un enfoque mecatrónico. Por su parte, los centros de investigación se orientan a realizar proyectos tecnológicos en donde se requieren resolver problemas complejos de Ingeniería.

La Unidad de Postgrado del Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial del Estado de Querétaro, CIDESI, a través del Postgrado Interinstitucional en Ciencia y Tecnología, PICYT, se encuentra realizando programas de Mecatrónica a nivel de Especialización, Maestría y Doctorado, estos programas se suman a la formación de alto nivel en México que efectúa desde 1997 el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, a través del Doctorado en Ingeniería con especialidad en Mecatrónica.

El Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, CENIDET ofrece desde 1997 el Programa de Especialización en Ingeniería Mecatrónica y desde el 2000 los programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica. Recientemente, en el 2004 la Universidad Modelo, en Mérida se encuentra desarrollando su programa de Maestría en Ingeniería Mecatrónica

<sup>2</sup>El ingeniero Romy Pérez Moreno, profesor-investigador del Departamento de Energía de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Entrevistado en el marco del Segundo Congreso de Ingenierías Mecánica, Eléctrica, Electrónica y Mecatrónica, realizado en la Unidad Azcapotzalco de esta Casa de estudios, señaló que México muestra un desarrollo incipiente en mecatrónica, pues sus avances más significativos se centran en prototipos de robots y brazos que se realizan en diversas instituciones de educación superior, el académico agregó que el desarrollo tecnológico en el país se centra en el diseño de máquinas, herramientas, procesos y sistemas, así como labores de mantenimiento y soporte.

El ingeniero mecánico egresado de la UAM, dijo que en la parte de mecatrónica se han construido brazos para diferentes aplicaciones en diversas instituciones, además de robots móviles aunque en algunos de ellos se trabaja sólo la programación del control del robot.

---

<sup>2</sup> Diario de México 8 de Junio de 2007 ed 14750



Pérez Moreno, quien es coordinador del grupo Dinámica de Sistemas, expuso que en el país y en las universidades falta explorar áreas como el control, materiales más ligeros para robots y motores eficientes.

## **Legislación y Normatividad**

En México se pueden identificar las normas relacionadas con reglamentos de Instituciones educativas, no se han encontrado datos de legislación de carácter federal o internacional que regulen las actividades de la mecatrónica en el interior del país o hacia sus fronteras.

El Comité de Normalización de Competencia Laboral de la Industria Electrónica desarrolló la Norma Técnica de Competencia Laboral aplicada al ensamble de equipos mecatrónicos, cuya calificación presenta los parámetros laborales requeridos para el desempeño competente del candidato para ensamblar equipos mecatrónicos, incluyendo desde la preparación de los componentes mecatrónicos y herramientas necesarias para la ejecución del proceso, hasta el ensamble y ajuste de los componentes contribuyendo al aseguramiento de la calidad del producto.

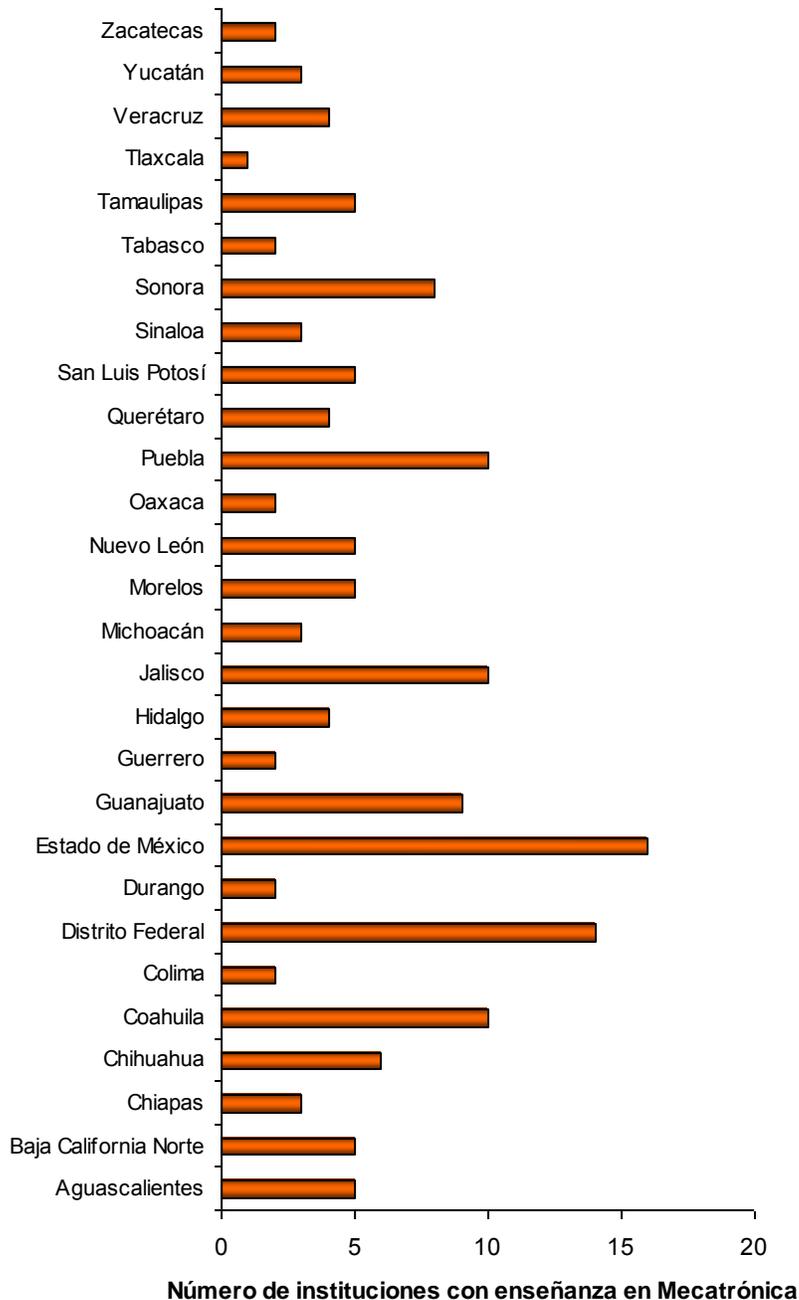
Es una norma de aplicación nacional cuya cobertura de extiende a la Manufactura de productos eléctricos y electrónicos y existen otras normas de competencias laborales para este concepto.

## **Educación**

Son varias las instituciones que manejan una formación profesional en el área de la mecatrónica y aunque cada una de ellas establece los requisitos para iniciar esta formación, en términos generales el perfil del aspirante al nivel de ingeniería indica que además de haber cursado el Área de las Ciencias Físico-Matemáticas en el Bachillerato, cuente con conocimientos sólidos de Física, Matemáticas y Química, debe manejar el idioma inglés a nivel de traducción ya que la mayor parte de la literatura actualizada sobre el tema está en ese idioma.

Al término de su preparación profesional, el egresado de ingeniería mecatrónica cuenta con una sólida formación y conocimientos en las ciencias básicas, así como en las áreas de diseño mecatrónico, sistemas de control, electrónica industrial, manufactura y materiales, que le permiten desempeñarse eficientemente durante su vida profesional y sirven de base para especializarse, emprender estudios de posgrado y mantenerse actualizado respecto a los constantes avances en las técnicas y las tecnologías de la Ingeniería Mecatrónica.

La siguiente gráfica nos permite identificar las entidades federativas con mayor número de instituciones educativas que ofrecen enseñanza en Mecatrónica



Tenemos al Estado de México, Distrito Federal, Coahuila, Jalisco y Puebla como las 5 principales entidades que ofrecen recursos humanos en el área de la mecatrónica. Este resultado está influenciado en gran parte por el sobresaliente número de instituciones educativas con que cuentan cada una en relación al resto de los Estados.

## **Campo y Mercado de Trabajo Actual y Potencial**

<sup>3</sup>El Mecatrónico es un líder de proyectos de diseño, construcción e implantación de nuevos productos o procesos inteligentes que requieran de conocimientos de mecánica de precisión, instrumentación electrónica, ingeniería de control y diseño computarizado aplicados principalmente a la manufactura, servicios y enseres.

Su mayor cualidad es saber conocer y aplicar la combinación perfecta de las diferentes tecnologías para crear nuevos productos inteligentes y liderar equipos de proyectos conformados por diferentes tipos de ingenieros, aprovechando las ventajas de conocimientos especializados de cada uno de ellos para realizar complejos sistemas que un sólo tipo de ingenieros no podría hacer, pues se tiene el conocimiento clave de cómo integrar cada uno de ellos

<sup>4</sup>Puede trabajar en diversas áreas dentro de las industrias. El IMT trabajará en industrias donde se emplee alta tecnología de manufactura; tal es el caso de las compañías manufactureras de productos electrónicos (Thomson Consumer Electronics, Nortel Networks, Celestica, etc.); de ensamble y diseño automotriz (Delphi, Chrysler, VW); y, en general, toda industria que haga uso o diseñe equipos mecánicos de alta precisión en el que se integre el uso de nuevas tecnologías de control automático. También puede trabajar en empresas donde se requiera optimizar el proceso de producción mediante el uso de tecnología avanzada, o en áreas de diseño de producto donde se requiera de integración de tecnologías de automatización, robótica, electrónica y mecánica

El mercado de trabajo de quienes cursen esta especialidad incluye centros de diseño, así como empresas que requieran de los servicios de un ingeniero especializado en el uso de sistemas mecánicos controlados por sistemas de control avanzado (por ejemplo, por computadoras). Más concretamente, existe un número importante de empresas basadas en equipos mecatrónicos que requieren de individuos con esta especialidad para puesta en marcha de plantas, ajuste de equipos, programas de desarrollo de nuevos productos, automatización de plantas y procesos, etc.

El campo de trabajo actual y potencial del ingeniero mecatrónico es muy amplio, ya que va desde la automatización de operaciones en microempresas hasta la completa automatización y control de líneas de producción en grandes empresas, desde el diseño de productos sencillos de uso cotidiano hasta el diseño de sofisticados equipos con tecnología de punta.

El ingeniero mecatrónico trabaja en ámbitos relacionados con la mecánica de precisión, los sistemas de control electrónicos y los sistemas de información computarizados,

---

<sup>3</sup> <http://www.cem.itesm.mx/dia/mujereseningeneria/preguntas.htm>

<sup>4</sup> [http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/dma/imt/\\_FAQ.htm](http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/dma/imt/_FAQ.htm)



tanto en el sector público como en el privado, de producción y de servicios, diseñando, controlando e implantando dichos sistemas.

Otras áreas laborales se ubican en las industrias manufacturera, petrolera, de generación de energía eléctrica, minera, siderúrgica, agroindustrial, de alimentación y salud, así como en los servicios de transporte.

También es posible el ejercicio independiente de la profesión; la formación de su propia empresa; el trabajo en centros de investigación y en instituciones de educación superior.

Es importante señalar que las posibilidades de contratación de los egresados están en función de la necesidad de crecimiento y modernización de la industria y los servicios, ya que son precisamente los ingenieros mecánicos los promotores y actores principales de esta modernización.

## **Cinvestav**

El Departamento de Ingeniería Eléctrica del CINVESTAV-IPN ofrece Programas de Maestría y Doctorado en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, en la opción de Mecatrónica.

Al igual que todos los programas que se ofrecen en el CINVESTAV, estos programas están en el padrón de programas de excelencia del CONACYT

Gestada desde 1993, la Sección de Mecatrónica del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Centro de Investigación y Estudios Avanzados, ha sido pionera en México de la investigación en el área.

Por la calidad de los programas de posgrado que ofrece y de la investigación que realiza, actualmente es el grupo de investigación líder en el desarrollo de la mecatrónica en México.

## Asociación Mexicana de Mecatrónica

Una de las organizaciones que ha permitido la difusión de este concepto es la Asociación Mexicana de Mecatrónica, creada en agosto de 2001 con el objetivo de Impulsar el desarrollo y estudio de la Mecatrónica en general, a través de los medios de comunicación, trabajos de investigación, foros nacionales y participación en las Universidades públicas y privadas, así como en todo tipo de empresas, entre otros varios objetivos, ha hecho posible la realización de foros nacionales de mecatrónica, cuyos resultados se muestran a continuación.

Relación de participaciones		
Instituciones/ Empresas	<a href="#">1er Congreso</a>	<a href="#">2do Congreso</a>
Preparatoria/Bachilleres	1	5
Universidades	10	21
Institutos Tecnológicos	17	15
Centros de Investigación	4	8
Empresas	3	15
No. de participantes	1059	1137
Sede	Club de Industriales de Querétaro A.C.	Universidad Anahuac del Sur



Relación de Capítulos Estudiantiles de la Asociación

Institución	Integrantes
Instituto Tecnológico de Puebla	47
Colegio Francisco Benavente en Puebla	22
Instituto Tecnológico de Saltillo	36
Instituto Tecnológico de Reynosa	107
Universidad Anáhuac del Sur	23
UPIITA- IPN	156
Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtemoc	28
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, CENIDET	21
Instituto Tecnológico de Querétaro	172
Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No.118	50
Instituto Tecnológico de Minatitlán	31
Universidad Tecnológica de Coahuila	37
Instituto Tecnológico de San Luis Potosí	84
Universidad Politécnica de Aguascalientes	84
Instituto Tecnológico de Cd. Madero	27
Universidad Kino	37
ITESM Campus León	27
Universidad Autónoma de Cd. Juárez	21
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial	25
ITESM Campus Querétaro	14
Universidad Autónoma de Yucatán	43
ITESM Campus Estado de México	28
Universidad del Valle de México, Querétaro	17
Instituto Tecnológico de la Laguna	24
Universidad del Mayab S.C.	34
Instituto Tecnológico Superior de Cajeme	23
Instituto Tecnológico de Mexicali	23
Universidad Politécnica de Zacatecas	23
Instituto Tecnológico de Matamoros	40
Instituto Tecnológico de Orizaba	34
Universidad Politécnica de Querétaro	55
Universidad Politécnica del Valle de Toluca	12
Instituto Tecnológico Superior de Macuspana	38
ITESM Campus Monterrey	27
Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica	136
Instituto Tecnológico Superior de Macuspana	24
Universidad de Sonora	65
Instituto Tecnológico de Veracruz	71
Total	1766

## El Crecimiento de la Mecatrónica en México

La mecatrónica en el país ha tenido un explosivo crecimiento, nunca antes visto en el país, incomparable con ninguna otra disciplina, tanto en el ambiente académico público y privado, mas no así en el ambiente industrial, que permanece en términos generales como una ingeniería desconocida. Debido a los intereses de generar, y apoyar en general, programas académicos de disciplinas emergentes, como biotecnología, telemática, nanotecnología, tecnologías de la información, etcétera, mecatrónica sobresale de entre todas estas y se observa hoy día una generación descontrolada -y sin supervisión de autoridad oficial alguna que garantice la calidad de estos programas- de programas académicos y grupos de mecatrónica en el país. Esencialmente factores y presiones tanto externas (globalización y nuevas disciplinas) como internas (incentivos para generar carreras en áreas emergentes) del país motivaron que muchas instituciones generaran nuevas opciones académicas. Esto a su vez, ha generado una gran expectativa en el medio académico, que no concuerda con la pobre perspectivas del mundo industrial.

La historia de la Mecatrónica en México inicia a principios de los 90, cuando varias Instituciones de Educación Superior como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), la Universidad Anáhuac del Sur (UAS) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) ofrecen las primeras asignaturas orientadas en la enseñanza del concepto de la Mecatrónica en licenciatura y postgrado.

Recientemente, se han creado diversos Departamentos de Mecatrónica en Universidades, Institutos y Centros de Investigación y Desarrollo, los cuales se encuentran en los primeros años de operación. En las Universidades la formación del Ingeniero se basa en lograr una generalización de conocimientos en Mecánica, Electrónica e Informática bajo un enfoque mecatrónico. Por su parte, los centros de investigación se orientan a realizar proyectos tecnológicos en donde se requieren resolver problemas complejos de Ingeniería.

México muestra un desarrollo incipiente en mecatrónica, pues sus avances más significativos se centran en prototipos de robots y brazos que se realizan en diversas instituciones de educación superior, el desarrollo tecnológico en el país se centra en el diseño de máquinas, herramientas, procesos y sistemas, así como labores de mantenimiento y soporte.

En la parte de mecatrónica se han construido brazos para diferentes aplicaciones en diversas instituciones, además de robots móviles aunque en algunos de ellos se trabaja sólo la programación del control del robot.

La mecatrónica es un campo que no sólo está presente en los procesos industriales, sino que forma parte de la vida cotidiana de la población.



En el ámbito comercial, dijo, hay un robot -disponible en el mercado que va de un punto a otro en una planta bajo un plan determinado. El artefacto contiene información para que lleve la pieza de una máquina del módulo A al B, es decir, que le es posible encontrar una trayectoria.

Como ejemplos de la implicación de la mecatrónica en la vida cotidiana, se encuentra el caso de una aspiradora automática que busca trayectorias y que su sistema le permite ubicar las trayectorias y evitar que pase dos veces el mismo lugar. También los autos que tienen inyección electrónica y son controlados por un “cerebro” que trabaja con una parte mecánica.

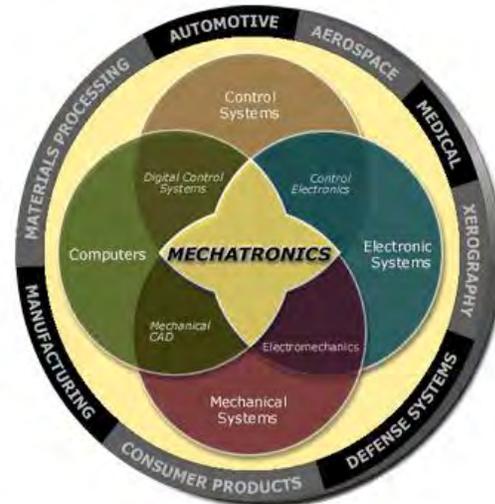
En el país y en las universidades falta explorar áreas como el control, materiales más ligeros para robots y motores eficientes.

### **Entorno Industrial Globalizado**

Los dos indicadores globales mas importantes de competitividad según el Instituto Mexicano de Competitividad (IMCO) son los publicados en el Global Competitiveness Report 2007-2008 del World Economic Forum (WEF) y el Índice publicado por el International Institute for Management Development (IIMD). En este 2007 el WEF coloca a México en el lugar 52 entre 151 países y el IIMD coloca a México en el lugar 47 de los 55 países evaluados por el organismo. En un análisis desarrollado por el IMCO en los últimos 10 años con respecto al total de países evaluados arroja que el país ha decaído en ambos índices, ligeramente en el índice WFE y de forma mas pronunciada en el índice del IIMD. Los aspectos evaluados se clasifican en 3 áreas para determinar el posicionamiento de los países evaluados que son el desempeño de las instituciones publicas, el entorno comercial y el desarrollo e innovación de tecnología. En ésta última área, la capacitación, formación de recursos humanos e investigación son claves para el desarrollo del país y elevar su competitividad.

## b. Relación de la mecatrónica con otras tecnologías y su interacción con otros eslabones de las cadenas productivas.

La mecatrónica surge de la interrelación de diversas ramas de la ingeniería que confluyen en el diseño, experimentación y fabricación de elementos relacionados con la automatización y control. Los sistemas mecánicos, electrónicos, de control y la computación proporcionan los elementos necesarios para definir un conjunto de técnicas de control digital basadas en la computación.



La industria actual prevalece gracias a la calidad de sus productos, la velocidad de producción y la uniformidad. Como todo proceso va en constante cambio, siempre se irá requiriendo de nuevas implementaciones tecnológicas que basadas en estos factores, incrementen la competitividad de las empresas. Es así como en años recientes, surge la Mecatrónica.

Las áreas clave donde aplicación de la Mecatrónica pertenecen a nuevas tecnologías que se encuentran en plena etapa de desarrollo e innovación.

- Automatización Industrial
- Robótica
- Diseño asistido por computadora
- Manufactura asistida por computadora
- Sistemas Flexibles de Manufactura
- Redes de Comunicación Industrial
- Control Numérico Computarizado
- Microprocesadores y Microcontroladores
- Control Inteligente
- Biomecánica

El desarrollo y aplicación de la Mecatrónica, requiere de una integración interdisciplinaria con otras tecnologías de distinta índole, entre las que destacan:

- Física
- Química
- Matemáticas
- Materiales

- Mecánica
- Automatización
- Control de Procesos
- Electricidad
- Electrónica
- Computación
- Administración
- Tecnologías de Información
- Sistemas
- Inteligencia Artificial

En su conjunto, Ingeniería Mecatrónica otorga una ventaja competitiva a estas tecnologías y un valor agregado a la cadena de valor basada en Mecatrónica. Esta disciplina representa la nueva generación de servo máquinas, y mecanismos inteligentes así como metodologías de ingeniería concurrentes que impactan en otro tipo de sistemas físicos, como interfaces hombre maquina, procesos, etcétera. Esencialmente Ingeniería Mecatrónica es Ingeniería Concurrente, que combina sinérgicamente componentes de diversa naturaleza y los integra simbióticamente para construir nuevos procesos y productos más competitivos. Estos componentes se interrelacionan e imponen especificaciones y funciones sobre los demás componentes en cada etapa de diseño y construcción, por lo que un sistema mecatrónico tiene el distintivo de haber sido diseñado y construido en todas sus etapas con el paradigma de ingeniería concurrente.

En particular un sistema mecatrónico incorpora automatización reactiva e inteligente basada en sensores prioceptivos y un procesador para la toma de decisiones, por lo que la micro electrónica y informática juegan un papel fundamental, mientras que el proceso de diseño depende fuertemente de modernas herramientas de software. Así entonces, la importancia de la ingeniería mecatrónica reside en que permite la concepción de la solución, la ingeniería básica, la ingeniería de detalle, el diseño, construcción, integración, el control, la puesta en marcha y validación en campo bajo normas y pruebas protocolarias. Ingeniería concurrente, ó mecatrónica, permite realizar la nueva generación de sistemas en un mercado globalizado cada vez más competitivo. Con esto se logra realizar tareas impensables hace unos años de lograr con un enfoque tradicional de hacer proyectos de ingeniería, debido a que se requiere tomar en cuenta simultáneamente todos los requerimientos y restricciones de todos los elementos (mecánicos, electrónicos, eléctricos, computacionales, transductores y control) de un sistema para lograr cumplir los altos estándares de precisión, repetitibilidad, robustez, calidad, y cantidad.

La mecatrónica está centrada en mecanismos, componentes electrónicos y módulos de computación, los cuales combinados hacen posible la generación de sistemas más flexibles, versátiles, económicos, fiables y simples.

El principal propósito de este campo de la ingeniería interdisciplinaria es el estudio de los autómatas y ser de utilidad a sistemas híbridos de control como los de producción, robots de exploración planetaria, subsistemas automovilísticos como sistemas antibloqueo, asistentes de giro y equipamientos de todos los días, como cámaras fotográficas de autoenfoco, video, discos rígidos, lectoras de disco compacto, máquinas lavadoras, etcétera.

En un principio se le definió como la integración de la mecánica y la electrónica en una máquina o producto, pero luego se consolidó como una especialidad de la ingeniería e incorporó otros elementos como los sistemas de computación, los desarrollos de la microelectrónica, la inteligencia artificial, la teoría de control y otros relacionados con la informática.

Aunque la robótica forma parte de la mecatrónica, el propósito de esta nueva ingeniería no es sólo fabricar robots, sino lo que los expertos denominan "productos inteligentes", es decir, capaces de procesar información para su funcionamiento, gracias a la instalación de dispositivos y sensores electrónicos especiales.

La información en un producto mecatrónico llega a un conjunto de sensores electrónicos instalados en los aparatos, que van a un sistema especial que la procesa y manda las órdenes a través de lo que se conoce como un actuador, que en muchas máquinas es un motor.

Algunos otros ejemplos de productos mecatrónicos son las secadoras inteligentes, los juguetes y las máquinas de juego, los robots, las máquinas de control numérico, los cajeros electrónicos, las sillas de ruedas que reconocen comandos de voz, los marcapasos, las prótesis, los órganos artificiales, los automóviles equipados con sistemas de encendido electrónico, suspensión activa, control de ruido y emisión de gases, entre otros.

Los productos hechos con ingeniería mecatrónica poseen mecanismos de alta precisión; son controlados por dispositivos electrónicos reprogramables para que funcionen en diferentes condiciones; hacen uso óptimo de los materiales y energía que consumen; los diseños son más estéticos y ergonómicos y tienen lo que se podría llamar una relación inteligente con el medio ambiente.

La mecatrónica es una ingeniería concurrente y paralela, y con una nueva concepción de diseño, es decir, que implica que las etapas de los diferentes procesos de producción se realicen en forma simultánea.

En los 10 años recientes comenzaron a aparecer carreras universitarias con el nombre de mecatrónica, en países como Inglaterra y Finlandia, donde esta especialidad de la ingeniería está muy avanzada. Actualmente existen programas semejantes en Estados Unidos, Japón y algunas naciones de Europa y América Latina. Curiosamente, aunque Japón es el que tiene los mayores y mejores laboratorios de mecatrónica, no es el que más programas universitarios ofrece.

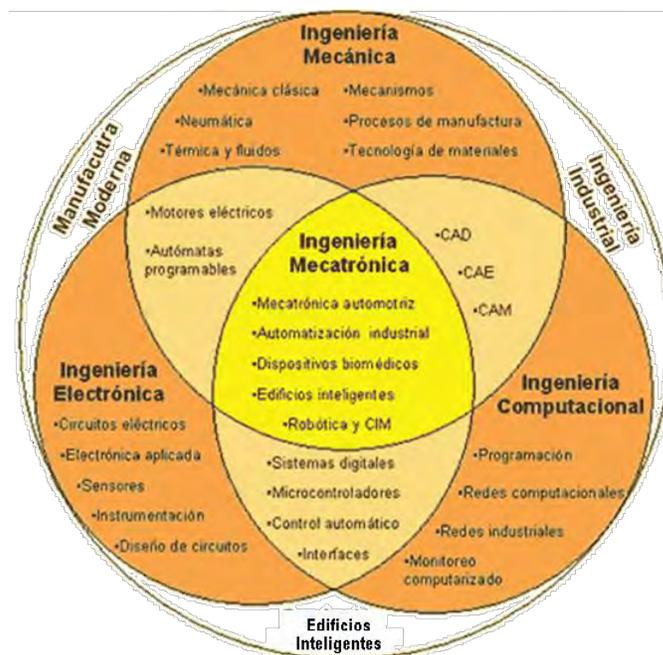
En América Latina la mecatrónica entró por Brasil, en la Universidad de Sao Paulo, donde se creó el primer programa de pregrado de esta especialidad. Algunas facultades de mecánica y electrónica en Colombia, Argentina, México y Estados Unidos ofrecen ya carreras y especialidades en el campo de la mecatrónica.

La ingeniería mecánica y la electrónica tendrán entonces que reformularse, pues es evidente que sentirán el impacto de la mecatrónica. Se requieren individuos con amplias habilidades en ingeniería, y equipos bien integrados, cuyos miembros traigan una apreciación general de la amplitud del campo tecnológico, tanto como de su propio campo de especialización. Al cabo éstas no son las clases de ingenieros que nuestra tradicional educación en ingeniería (disciplinas separadas) ha estado produciendo.

La mecatrónica forma parte de una de las diez tecnologías avanzadas que cambiarán el mundo (según el MIT):

1. Redes de sensores sin cables (Wireless Sensor Networks)
2. Ingeniería inyectable de tejidos (Injectable Tissue Engineering)
3. Nano-células solares (Nano Solar Cells)
4. **Mecatrónica (Mechatronics)**
5. Sistemas informáticos Grid (Grid Computing)
6. Imágenes moleculares (Molecular Imaging)
7. Litografía Nano-impresión (Nanoimprint Lithography)
8. Software fiable (Software Assurance)
9. Glucomicas (Glycomics)
10. Criptografía Quantum (Quantum Cryptography)

La siguiente gráfica muestra con mayor detalle todas las tecnologías que se relacionan directamente con la mecatrónica.



### c. Inventario detallado de capacidades en Centros de investigación y desarrollo especializados en mecatrónica

#### Oferta de productos y servicios tecnológicos

En cuanto a la oferta tecnológica relacionada con la mecatrónica encontramos que el número de artículos publicados por científicos mexicanos en relación años a la ingeniería, en los últimos 10 creció un 250%, es necesario mencionar también que las publicaciones de ésta área representan el 6% del total de las publicaciones<sup>5</sup>.

La oferta de servicios tecnológicos esta determinada principalmente por los Centros de Investigación que declaran hacer mecatrónica

Institucion	Grupo de Investigación	Lineas de Investigación	Personal Investig.
UNAM	Departamento de Mecatrónica	Diseño para ensamble y manufactura Ingeniería concurrente Diseño de sistemas domóticos Diseño de equipo médico Diseño de control para robots manipuladores	10
ANAHUAC SUR	Coordinación de Mecatrónica	Modelado de sistemas mecatrónicos Desarrollo de productos mecatrónicos Algoritmos de control	
CIDESI	Dirección de Investigación	Control Robótica Modelación y Simulación Visión Artificial	13
CIATEQ	Mecatronica y Sistemas Inteligentes de Manufactura	Manufactura Inteligente Robotica Industrial Inteligencia Artificial Visión Artificial	8
CINVESTAV-IPN	Robotica y Manufactura Avanzada	Robotica Manufactura Vision Artificial	10
ITESM			
UPIITA			

<sup>5</sup> Anexo estadístico del informe general del estado de la ciencia y la tecnología, 2006

## Recursos humanos capacitados

Actualmente no existe en México un estudio objetivo que abarque el estado del arte de la Ingeniería Mecatrónica en México, ni siquiera por sectores (académico o industrial), aunque existen estudios acotados y ciertamente sesgados. La percepción del sector productivo acerca de la contribución y especialización del Ing. en Mecatrónica aun no es correctamente apreciada. Lo mismo las bolsas de trabajo solicitan un “mecatrónico” o un “programador” ([www.computrabajo.com.mx](http://www.computrabajo.com.mx)) indistintamente. Es más bien común encontrar anuncios de ofertas de trabajo que requieren ingenieros en mecatrónica en aéreas donde existen empresas de alto valor agregado tecnológico, en particular donde la automatización fija o flexible y en robótica es intensa. Por ejemplo, en Coahuila, parte del clúster automotriz, el periódico Vanguardia publico 3 anuncios diferentes en las últimas 4 semanas, requiriendo ingenieros en mecatrónica. Existe una gran desinformación, y la disponible está fragmentada e incompleta, lo que hace muy difícil la obtención de datos objetivos, sujetos a ser utilizados como fuentes de información validas para este estudio. De hecho es justo reconocer que esta situación no es privativa de la realidad mexicana, esto parece ser la norma más que la excepción a nivel mundial, y solo como un ejemplo, en internet se enlista una serie de universidades en la popular enciclopedia gratuita Wikipedia ([http://en.wikipedia.org/wiki/Institutions\\_offering\\_Mechatronics\\_Engineering](http://en.wikipedia.org/wiki/Institutions_offering_Mechatronics_Engineering)), sin supervisión alguna, sin homogenización de la calidad de los mismos (en donde solo aparecen listadas 4 programas de México) y aparecen 900 ligas de “mecatrónica en México” en la búsqueda en Google restringida a sitios web en México, cuando una revisión de las primeras 350 ligas no dan información de la ingeniería mecatrónica en México. Debido a la falta de información objetiva, incluyendo la de los canales oficiales de información en México, como son INEGI, por ejemplo. En este estudio procedemos con un estricto enfoque de clasificar la información y discriminar lo que es y lo que no es mecatrónica, para posteriormente proceder a analizar la información y detectar los programas académicos, los actores claves y el segmento del sector productivo que presenta una sólida base que podrían ser útiles, representativas y susceptibles de considerarse el estado del arte de la Ingeniería Mecatrónica en México.

Actualmente se estima conservadoramente que cada año egresan alrededor de 2,500 estudiantes de mecatrónica de las más de 150 escuelas, en todos los niveles (licenciatura, posgrado y doctorado)

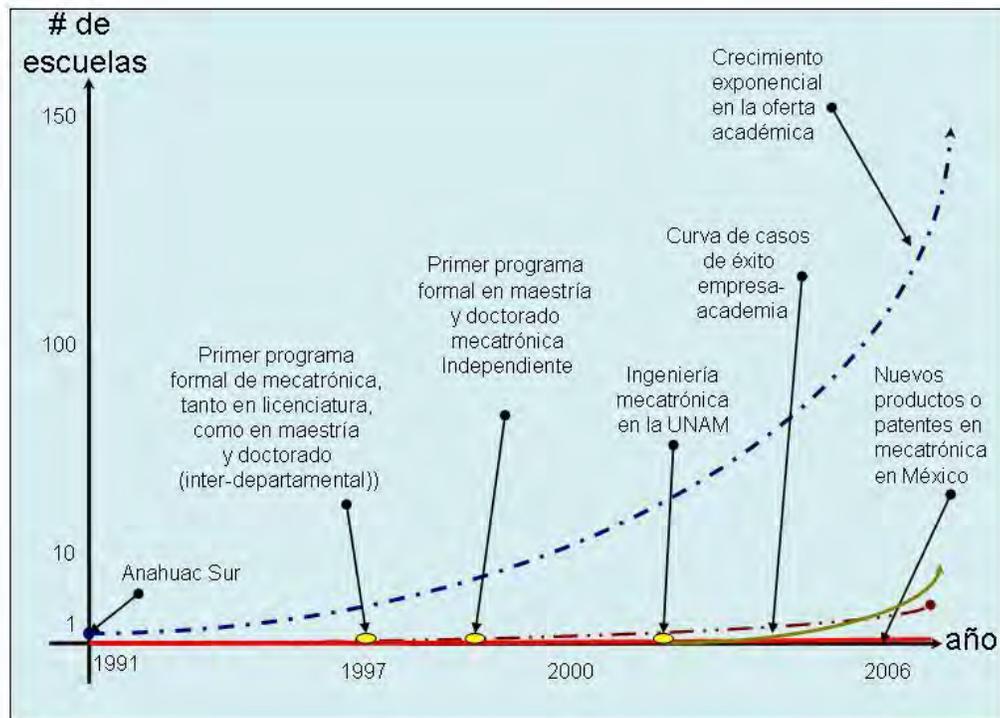
De los cuales, según datos preliminares indican que ni siquiera el 1% de los egresados está ejerciendo esta profesión en la industria, sino que están siendo empleados en ramas afines.

Por un lado tenemos una gran cantidad de egresados de ingenieros y especialistas en Mecatrónica (aunque algunos egresados salen con nivel bajo) de la oferta de instituciones académicas en México, pero por otro lado tenemos muy pocos investigadores activos en Mecatrónica en el país y también muy pocos que aunque no declaren que hacen mecatrónica, si hacen ciertos componentes de sistemas mecatrónicos, como los que hacen sistemas embebidos, diseño de maquinas especiales, servomecanismos.

Se esperaría que el Sistema Integrado de Información sobre Investigación Científica y Tecnológica (SIICYT), en la componente del RCEA, tuviera una base de datos que agrupara a los investigadores activos (miembros del SNI y acreditados como revisores para las diversas convocatorias del Conacyt) en mecatrónica y sus sub-áreas que la componen, como son diseño de maquinas, sistemas electrónicos, control y automatización. Sin embargo, esto no es así, mecatrónica no aparece como palabra clave para la búsqueda (ni siquiera robótica como palabras clave en la base de datos), por lo que es imposible determinar cuantos especialistas e investigadores activos existen en México, de acuerdo a la base de datos oficial del CONACYT. Este hecho habla del poco interés al interior de CONACYT por incluir mecatronica como palabra clave y de la poca presencia de los usuarios del CONACYT relativo al universo total de usuarios del CONACYT.

Un análisis de la información disponible en el SIICYT entrega lo siguiente:

- Cero especialistas en mecatrónica (evidentemente por que no aparece la palabra clave “mecatrónica”)
- Cero especialistas en robótica (evidentemente por que no aparece la palabra clave “robótica”)
- Aparecen solo 10 especialistas que declaran como su área el diseño de maquinas, parte esencial en mecatrónica,
- Aparecen solo 10 especialistas que declaran como su área el diseño de circuitos y embebidos, también parte esencial en mecatrónica,
- Hay 7 investigadores bajo el rubro de “Ciencias de la tecnología”, en el rubro de “Otros”



Esta grafica nos muestra que el desarrollo de la Mecatrónica en México se ha dado en diferente medida entre la industria y la oferta académica, medido por una parte a través de los casos de éxito en la relación academia-empresa, así como los productos comercializados contra la oferta académica, la cual ha tenido un crecimiento exponencial.

## Formación de recursos humanos

Actualmente se presume conservadoramente que cada año egresan de las más de 150 escuelas, en todos los niveles, mas de 2,500 estudiantes graduados (cifra que fácilmente puede ser mayor, debido a que solo estamos considerando menos de 9 egresados por semestre por institución). Note que la mayoría de las escuelas grandes están apenas graduando a la primera generación en 2007, como la UNAM y la UANL. Así entonces, el universo muy conservador de los egresados es:

- Doctorado: 10 posgrados, con al menos 2 egresados por año, 20 doctores
- Maestría: 18 posgrados, con al menos 8 egresados por año, o sea 144 maestros
- Especialización y diplomado: al menos 250 al año
- Licenciatura: mas de 100 escuelas, al menos 10 egresados por semestre, da mas de 2,000
- Técnico Superior: Al menos 120 al año
- Bachillerato: Al menos 240 al año

Se presenta el listado completo de las instituciones educativas con enseñanza en mecatrónica:

No.	Estado	Institución
1	Aguascalientes	ITESM Aguascalientes
2		Universidad Panamericana Bonaterra
3		Universidad Politécnica de Aguascalientes*
4		Universidad Tecnológica de Aguascalientes
5		UVM Ags
6	Baja California Norte	Instituto Tecnológico de Mexicali*
7		Centro de Enseñanza Técnica y Superior, CETYS Mexicali
8		Universidad Autónoma de Baja California*
9		Universidad Politécnica de Baja California Norte
10		UVM-Bcalifornia-Mexicali
11	Chiapas	ITESM Chiapas
12		Universidad Politécnica de Chiapas
13		UVM
14	Chihuahua	ITESM Chihuahua
15		Instituto Tecnológico de Ciudad Cuauhtemoc*
16		ULSA Chih
17		ITESM-Cd Juarez
18		Universidad Autónoma de Ciudad Juárez*
19		Universidad Tecnológica de Ciudad Juárez*
20	Coahuila	Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de la Región Carbonifera
21		Instituto Tecnológico de Saltillo*
22		Instituto Tecnológico de la Laguna*
23		ITESM-Saltillo

24		UVM-Saltillo
25		ITESM-Laguna
26		Universidad Tecnológica de Coahuila*
27		Universidad Tecnológica de Torreón
28		Universidad Tecnológica del Norte de Coahuila*
29		UVM-Torren
30	Colima	ITESM-Colima
31		Instituto Tecnológico de Colima*
32	Distrito Federal	Instituto Politécnico Nacional, UPIITA*
33		ITESM-Sta Fe
34		ITESM-CD Mexico
35		Universidad Anáhuac-Sur
36		Universidad CUIN
37		Universidad Iberoamericana
38		Universidad ICEL
39		ULSA
40		Universidad Marista
41		Universidad Nacional Autónoma de México*
42		Universidad Panamericana
43		UNITEC-DF
44		UVM-Tlalpan
45		Universidad de la Republica Mexicana
46	Durango	Instituto Tecnológico de Durango
47		ULSA-Laguna
48	Estado de México	ITESM-CEM
49		ITESM-Totuca
50		Instituto Tecnológico de Tlanepantla*
51		Instituto Tecnológico de Toluca*
52		Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco*
53		Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec*
54		Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán*
55		Tecnológico de Estudios Superiores de Jilotepec*
56		Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán*
57		Universidad Anáhuac Norte
58		Universidad Politécnica del Valle de México
59		Universidad Tecnológica del Sur del Estado de México*
60		UVM-Hispano
61		UVM-Lomas Verdes
62		UVM-Toluca
63		Universidad Tecnologica del Sur del Edo de Mexico
64	Guanajuato	ITESM-Irapuato
65		ITESM-León
66		Instituto Tecnológico Superior de Irapuato*
67		Instituto Tecnológico de Celaya*
68		Universidad Iberoamericana
69		León
70		Universidad de Guanajuato FIME
71	ULSA-Bajío	

72		Universidad Tecnológica de León*
73	Guerrero	Centro de Enseñanza Técnica Industrial*
74		Universidad Politécnica de Tulancingo*
75	Hidalgo	ITESM
76		ULSA Pachuca- La Concepción
77		Universidad Politécnica de Pachuca*
78		Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Huichapan
79	Jalisco	Centro de Enseñanza Técnica Industrial
80		ITESM-Gdl
81		Universidad Autónoma de Guadalajara
82		Universidad de Guadalajara*
83		Universidad del Valle de Atemajac
84		Universidad Panamericana-Gdl
85		Universidad Politécnica -Jal
86		UNITEC
87		Universidad Tecnológica de la Zona Metropolitana de Guadalajara*
88		UVM-Gdl
89	Michoacán	ITESM-Morelia
90		Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Uruapan*
91		Inst Tecnológico Superior de Cd. Hidalgo
92	Morelos	ITESM-Cuernavaca
93		Universidad del Sol
94		ULSA-Cuernavaca
95		UVM-Cuernavaca
96		Cenidet
97	Nuevo León	ITESM-Mty
98		Universidad Autónoma de Nuevo León*
99		Universidad de Monterrey
100		UNITEC
101		Universidad Regiomontana
102	Oaxaca	Universidad Tecnológica de la Mixteca*
103		Universidad del Papaloapan
104	Puebla	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla*
105		ITESM-puebla
106		Instituto Tecnológico de Atlixco*
107		Instituto Tecnológico 36 Tehuacán*
108		Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla*
109		Universidad de las Américas
110		Universidad Anáhuac-puebla
111		Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
112		Universidad Tecnológica de Puebla
113		UVM-Puebla
114	Querétaro	Instituto Tecnológico de Querétaro*
115		ITESM-Qro
116		Universidad Politécnica de Querétaro
117		UVM-Qro

118		ITESM
119	San Luis Potosí	Instituto Tecnológico de San Luis Potosí*
120		Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí*
121		Universidad Marista de San Luis Potosí
122		UVM-SLP
123	Sinaloa	Universidad Politécnica de Sinaloa
124		Instituto tecnologico de Culiacan
125		UNITEC
126	Sonora	ITESM-Cd Obregon
127		ITESM-Sonora Norte
128		Instituto Tecnológico de Hermosillo
129		Instituto Tecnológico de Huatabampo*
130		Instituto Tecnológico Superior de Cajeme*
131		ULSA-Noroeste
132		Universidad del Noroeste
133	Universidad Kino	
134	Tabasco	Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco*
135		Instituto Tecnológico Superior de Macuspana*
136	Tamaulipas	Instituto Tecnológico de Matamoros*
137		Instituto Tecnológico de Reynosa*
138		Universidad Politécnica de Ciudad Victoria
139		Universidad Tamaulipeca
140		Universidad Tecnológica de Tamaulipas Norte*
141	Tlaxcala	Universidad Politécnica de Tlaxcala
142	Veracruz	ITESM-cordoba
143		Instituto Tecnológico Superior de Poza Rica*
144		Instituto Tecnológico Superior de Coatzacoalcos
145		Universidad del Valle de Orizaba
146	Yucatán	Escuela Modelo
147		Universidad Autónoma de Yucatán*
148		Universidad del Mayab
149	Zacatecas	Universidad Tecnológica del Estado de Zacatecas
150		Universidad Politécnica de Zacatecas

**d. Áreas de investigación y desarrollo en que trabajan actualmente las empresas y los centros públicos, e identificar los proyectos de investigación y desarrollo con potencial para implementarse.**

Se incluye una descripción preliminar de los grupos de investigación en instituciones y centros de investigación públicos y privados del país.

Institución	Grupo de Investigación	Líneas de Investigación	Numero de Inv. de TC	Publicaciones	Vinculación	Docencia	Comentarios
1. UNAM	Departamento de Mecatrónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseño para ensamble y manufactura</li> <li>Ingeniería concurrente</li> <li>Diseño de sistemas domóticos</li> <li>Diseño de equipo médico</li> <li>Diseño de control para robots manipuladores</li> </ul>	10	Si	Si	Si	Solo 2 investigadores con grado de Doctor
2. ANAHUAC SUR	Coordinación de Mecatrónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelado de sistemas mecánicos</li> <li>Desarrollo de productos mecánicos</li> <li>Algoritmos de control</li> </ul>	--	Si	Si	Si	No hay evidencia documental de productividad en Mecatrónica
3. CIDESI	Dirección de Investigación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Control</li> <li>Robótica</li> <li>Modelación y Simulación</li> <li>Visión Artificial</li> </ul>	13	Si	Si	Si	6 Investigadores con PhD, 7 con maestría
4. CIATEQ	Mecatronica y Sistemas Inteligentes de Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manufactura Inteligente</li> <li>Robótica Industrial</li> <li>Inteligencia Artificial</li> <li>Visión Artificial</li> </ul>	8	Si	Si	Si	Solo 2 investigadores con grado de Doctor
5. CINVESTA V-IPN	Robótica y Manufactura Avanzada	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robótica</li> <li>Manufactura</li> <li>Visión Artificial</li> </ul>	10	Si	Si	Si	Mayoritariamente hacen control, no mecatrónica
6. ITESM	Mecatrónica, Robótica, Sistemas Inteligentes de Manufactura	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robótica</li> <li>Manufactura</li> <li>Visión Artificial</li> </ul>	27	Si	Si	Si	En todo el sistema nacional ITESM
7. CENAD	---	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mecatrónica</li> </ul>	--	--	Si	Si	Da cursos nacionales e internacionales de actualización en Mecatrónica, nivel licenciatura
8. UPIITA	Mecatrónica Electrónica Biónica Telemática	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mecatrónica</li> <li>Electrónica</li> <li>Biónica</li> <li>Telemática</li> </ul>	14	Si	No	Si	Solo 2 profesores investigadores de Tiempo Completo hacen Mecatrónica
9. Univ. Autónoma de Querétaro	Control y Automatización Instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robótica</li> <li>Control</li> <li>Maquinas y herramientas</li> </ul>	7	No	Si	No	No hay evidencia documental de productividad en Mecatrónica
10. CENIDET	Electrónica de Potencia Redes Neuronales Control/Automatización Mecatrónica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Electrónica de Potencia</li> <li>Redes Neuronales</li> <li>Control/Automatización</li> <li>Mecatrónica</li> </ul>	16	Si	Si	No	No hay evidencia documental de productividad en Mecatrónica
11. Instituto Tecnológico de la Laguna	Robótica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Robótica</li> <li>Control</li> <li>Mecanismos</li> </ul>	5	No	No	No	No tienen ningún profesor con formación mecatrónica

## **e. Demanda sectorial en México, indicando productos, procesos y sistemas funcionales específicos**

### **I. SECTOR ELECTRONICO.**

---

La industria electrónica en México es uno de los sectores más importantes de la industria manufacturera, en 2004 representó 0.9 por ciento del valor agregado nacional y 4.8 por ciento de la industria manufacturera. En lo que respecta a empleos, también es un generador de empleos directos de mano de obra calificada

Los principales sectores de la industria electrónica en México son electrónicos de consumo, computadoras personales y equipo de telecomunicaciones. Es necesario señalar que los equipos industrial y médico han estado creciendo a tasas mayores que el promedio de la industria.

Diagrama de Cadenas productivas.

---

#### **Materias Primas**

1. Silicio
2. Germanio
3. Polímeros
4. Pigmentos
5. Metales

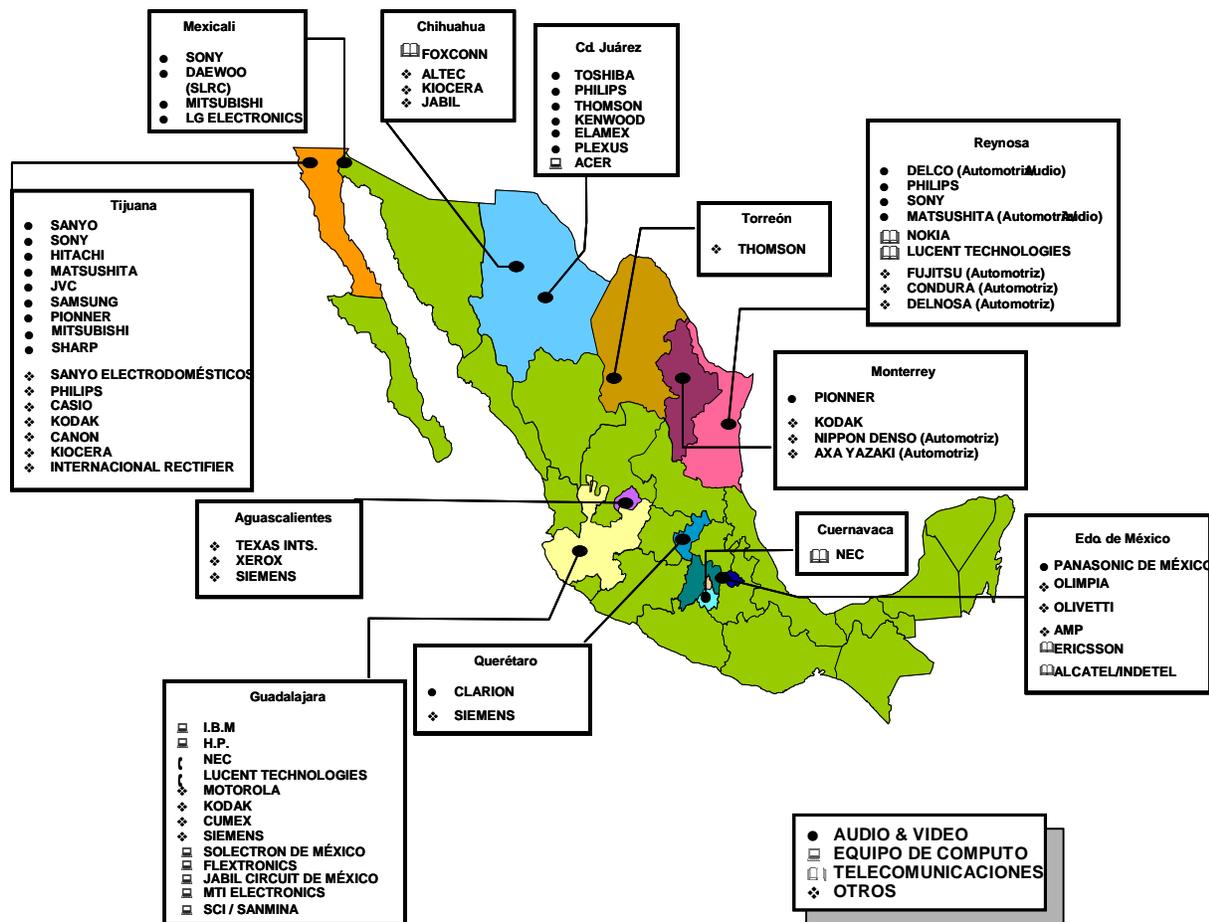
#### **Productos.**

- |  |   |
|--|---|
| a. Circuitos impresos.                   | h. Yugos de Deflexión                         |
| b. Componentes electrónicos.             | i. Transformadores                            |
| c. Electrónica para industria automotriz | j. Conectores                                 |
| d. Circuitos Modulares                   | k. Gabinetes                                  |
| e. Fuentes de Poder                      | l. Arnases y Cables                           |
| f. Cinescopios                           | m. Partes metálicas y plásticas               |
| g. Sintonizadores de Canal               | n. Materiales complementarios y de servicios. |

## **Ensambladora.**

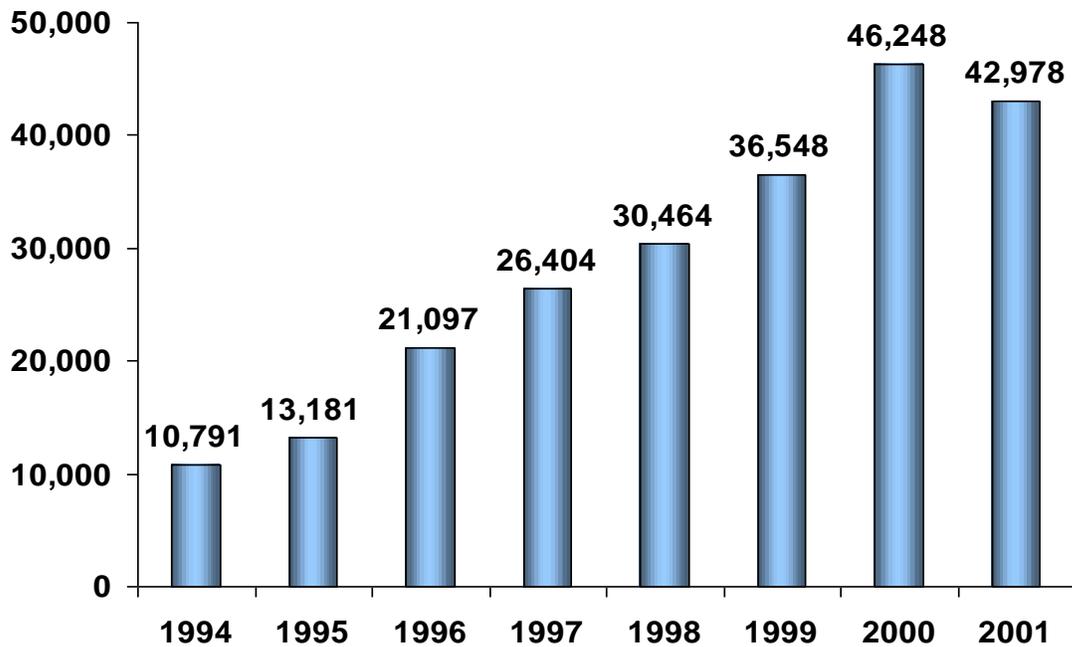
- a. Televisores
- b. Chasis
- c. Radio grabadoras
- d. Videograbadoras
- e. Autorradios
- f. PC s
- g. CPU s
- h. Laptops
- i. Monitores
- j. Impresoras
- k. Centrales telefónicas
- l. Aparatos Telefónicos
- m. Teléfonos celulares
- n. Equipos de Radio
- o. Equipos de
- p. Transmisión Telefónica
- q. Fotocopiadoras
- r. Máquinas de Escribir
- s. Cajas Registradoras

## Agrupamiento de las empresas dentro de México.



Se estima que en México existen alrededor de 700 empresas de la industria electrónica, cerca del 80% de estas se encuentran localizadas en estados fronterizos del norte del país, la mayoría de las empresas se concentran en Tijuana, Guadalajara, Reynosa y Juárez.

### Exportaciones MMD en México 1994-2001 (MDD)



Fuente: Secretaría de Economía

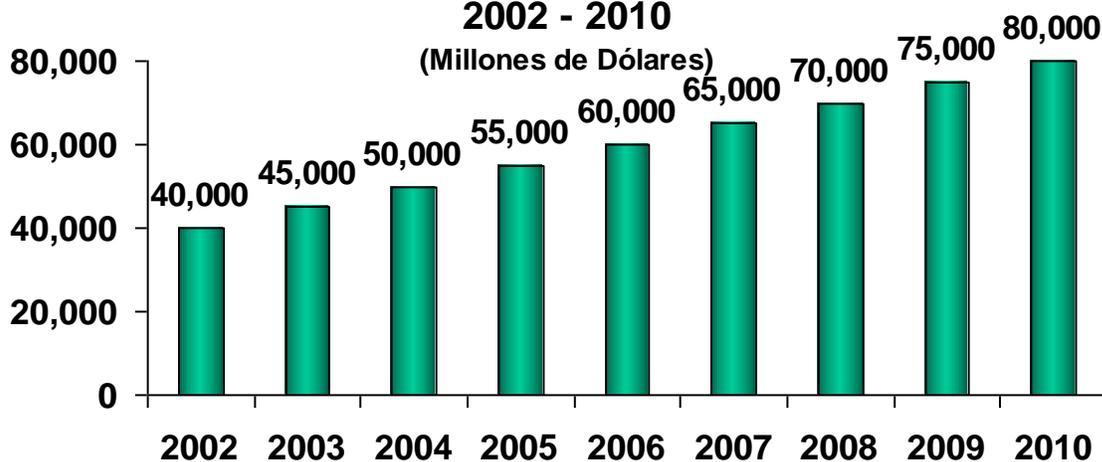
En 2005, la balanza comercial registró un saldo negativo para México de 2 mil 107 millones de dólares, con un valor en las exportaciones de 44 mil 843 millones de pesos, 60 millones de dólares más que en 2004.

### Proyección de Exportaciones en México.

### Exportaciones de la Industria Electrónica

2002 - 2010

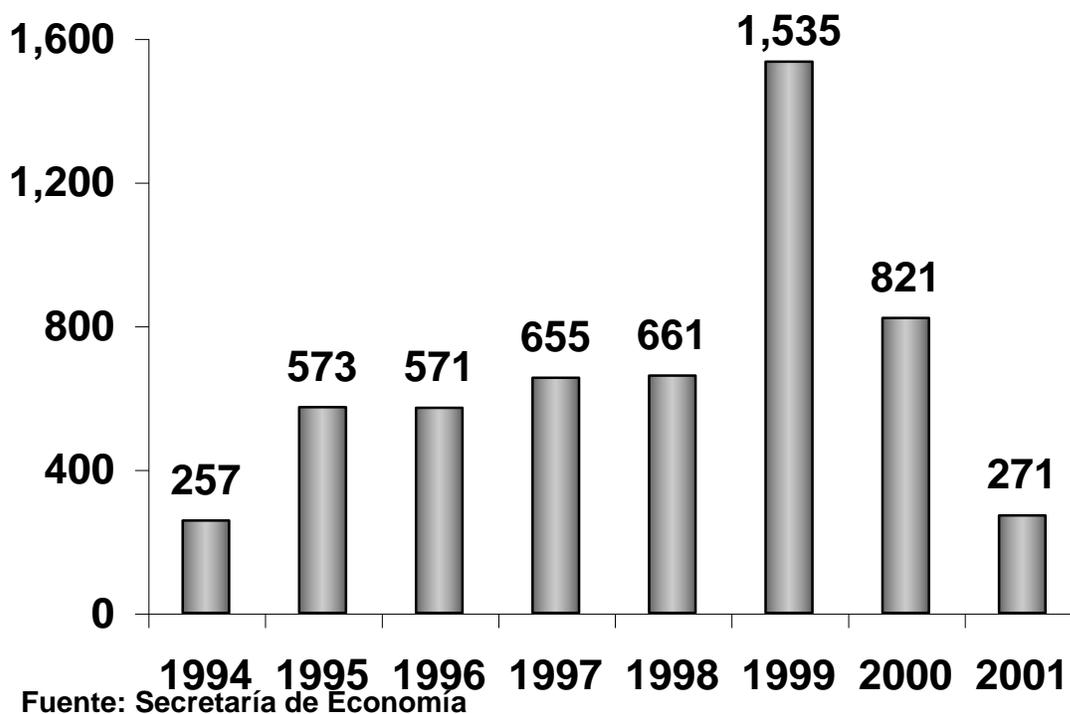
(Millones de Dólares)



El crecimiento en las exportaciones ha sido sustentado en una importante importación de insumos que han llevado a tener déficit en la balanza comercial de este sector. Las exportaciones totales de la industria en 2005 fueron de 44,843 millones de dólares y las importaciones sumaron 46,950 millones de dólares.

### Inversión Extranjera Directa MDD

---



En 2005, este sector atrajo inversión extranjera directa por 981 millones de dólares, cifra que se compara favorablemente con los 727 millones del 2004 y los 462 millones de 2003.

## Herramientas y Software utilizado dentro de la producción y ensamblaje de insumos electrónicos.

---

### Herramientas.

- Soldador
- Taladros
- Brocas
- Sierras
- Insoladoras
- Soldadura
- Herramientas de Sujeción
- Perforadoras de control numérico EXCELLON 200 con cambio automático de mechas
- Perforadora de control numérico PLURIMA 6 de 4 cabezales
- Laminadora ROHM&HAAS
- Iluminadora COLIGHT DMVL-930 de 2 x 1000W de una bandeja doble faz
- Iluminadora NYLOTRON 60/75 de 2 x 5000W de doble bandeja doble faz
- Reveladora de fotopolímeros RESCO de 4 cámaras
- Desplacadora de fotopolímeros RESCO de 4 cámaras
- Grabadora amoniacal RESCO de 2 cámaras + doble enjuague
- Grabadora amoniacal PILL
- Impresoras serigráficas semiautomáticas marca ARGÓN
- Impresora NEW LONG
- Pulidoras simpleS POLA&MASSA
- Pulidora POLA&MASSA
- Fotoploter de película continua de triple rayo láser
- Reveladora continua de películas fotográficas
- Router de control numérico de 1 cabezal de capacidad de 600 x 600 mm
- Perforadora / apinadora de doble cabezal
- Compresores TAUSEM de pistón seco de 10 HP
- Compresor de tornillo de 30 HP
- Guillotina ATLAS
- Hornos de secado FUTURTEK
- Afiladora de mechas de vidia HAWERA de 6 piedras
- Máquina de V-scoring
- Reveladora CHEMCUT con 2 cámaras de enjuague
- Máquina Bonding INDUBOND 130N de cuatro cabezales

## Programas para el diseño de circuitos impresos

---

- **OrCAD.**
- **Circuit Maker** - Herramienta de diseño y simulación de esquemáticos y elaboración de PCBs.
- **FreePCB** - Herramienta libre para Windows.
- **PCB** – Herramienta libre para X11.
- **gEDA** – Familia de herramientas EDA, disponibles bajo GPL
- **Kicad** – GPL PCB suite
- **EAGLE** – Herramienta comercial, existe una versión gratis para amateurs (con limitaciones en el tamaño de la tarjeta)
- **Cadstar** – Completa herramienta comercial para el desarrollo de PCBs
- **Cadstar Express** – Herramienta de diseño gratis.
- **Altium Designer** – Sistema de desarrollo completo.
- **Zuken** – Software de diseño.
- **RANGER XL** Herramienta comercial, existe una versión demo limitada en número de piezas

## Origen de los clústeres electrónicos en México.

---

### **Baja california**

1. Hitachi, Sharp, Sony,
2. Matsushita, Sanyo,
3. LG Electronics, JVC,
4. Mitsubishi, Toshiba,
5. Daewoo, Philips,
6. Samsung y Kodak

### **Chihuahua.**

1. Philips, Thomson,
2. Motorola, Toshiba,
3. Kenwood, Acer, Altel,
4. Kiocera y Zenith

### **Jalisco**

1. IBM, HP, Solectron,
2. Flextronics, Jabil
3. Circuit, NEC
4. Lucent Technologies,
5. Cumex, Siemens,
6. Motorola y Kodak

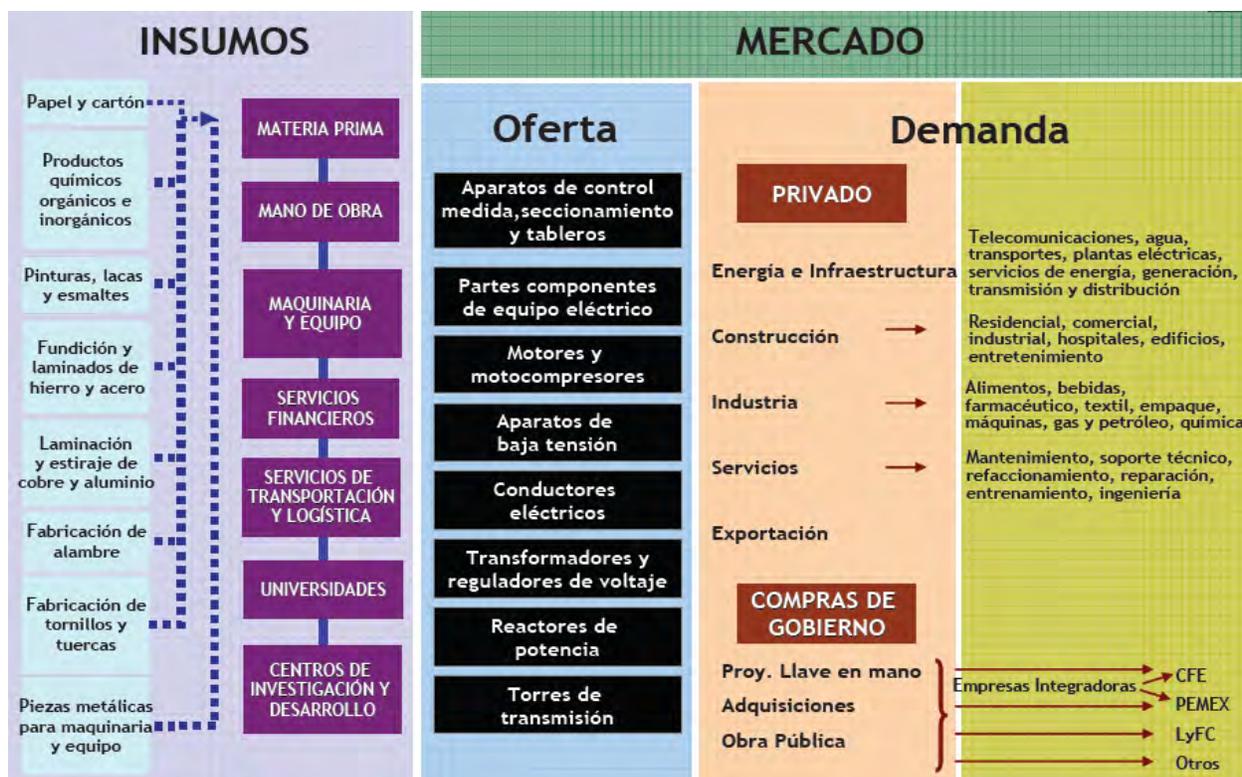
### **Centro.**

1. Panasonic, Ericsson,
2. Alcatel/Indetel, AMP,
3. Olimpia y Olivetti

## II. SECTOR ELECTRICO

- Las manufacturas eléctricas conforman una de las cadenas productivas más complejas de la industria nacional.
- Integra una amplia diversidad de bienes, desde grandes equipos para la infraestructura eléctrica e industrial, hasta aparatos de control, motores y focos, entre otros.
- Agrupa múltiples materias primas, maquinaria especializada, mano de obra calificada y múltiples servicios relacionados.
- Considera los diferentes mercados (privados, compras de gobierno, paquetes llave en mano y exportación).

Diagrama de la cadena productiva



## Materias Primas

---

- Celulosa.
- Productos químicos orgánicos e inorgánicos.
- Hierro, acero, cobre y aluminio.

- Productos

---

- Papel y cartón.
- Pinturas, lacas y esmaltes.
- Cobre y aluminio laminado.
- Fundiciones y laminados de hierro y acero.
- Alambre.
- Tornillos y tuercas.
- Piezas metálicas para maquinaria y equipo.

## Productos Terminados

---

- Cables.
- Accesorios eléctricos.
- Aparatos de control.
- Focos, tubos bombillas.
- Transformadores de potencia.
- Transformadores de Distribución.
- Torres.
- Motores.
- Reguladores.
- Fusibles.
- Equipo para soldar.

## Maquinaria utilizada generalmente en la industria eléctrica.

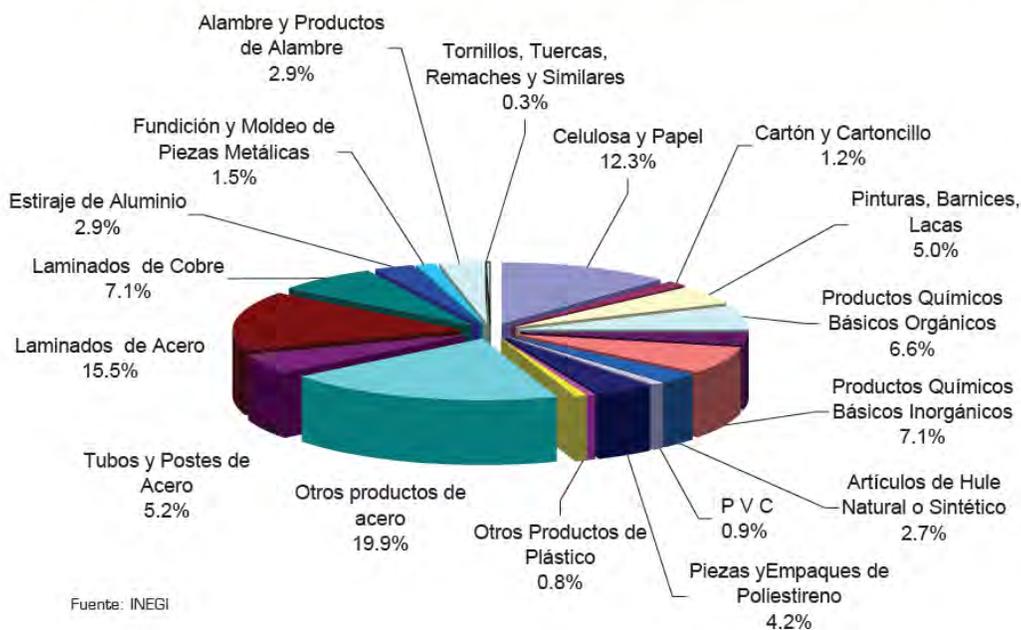
- Bobinadoras.
- Peladoras.
- Lapeadoras.
- Cortadoras Automáticas.
- Robots Manipuladores.
- Robots Ensambladores.
- Maquinaria de Control Numérico.

## Software

- ELCAD
- ORCAD
- CATIA
- UGS NX
- AUTOCAD

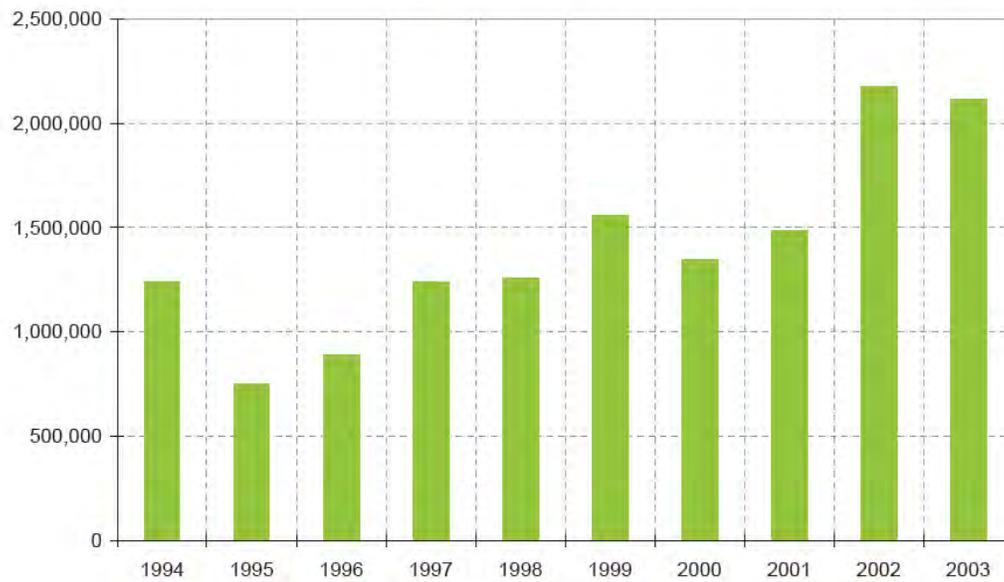
## Comparacion de insumos de compras de manufactureras electricas

MEXICO: INSUMOS QUE COMPRA LAS MANUFACTURAS ELÉCTRICAS, 2002

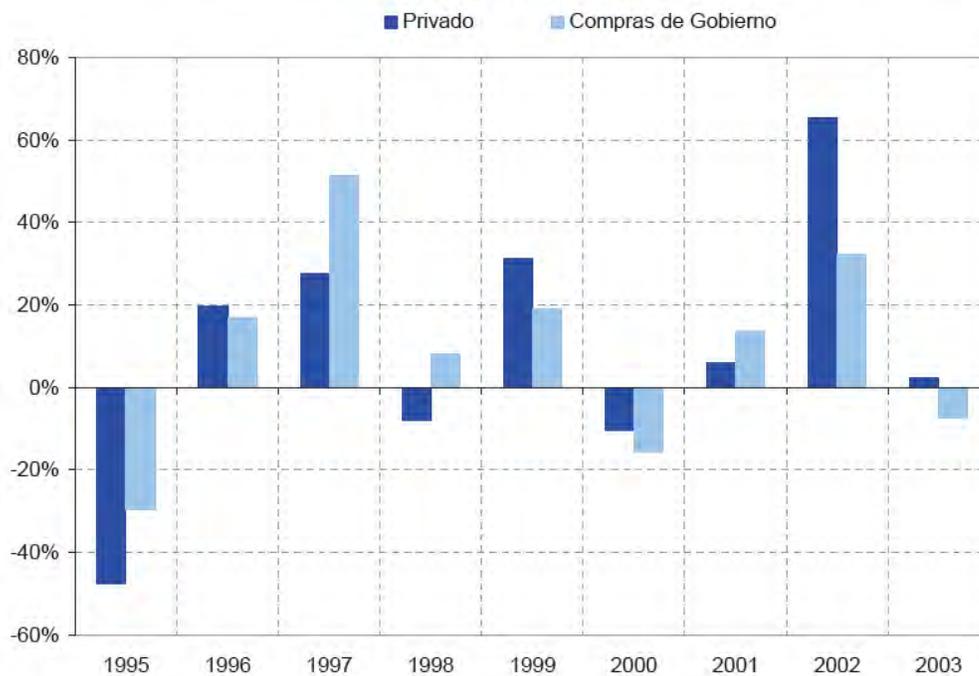


## Consumo Nacional Aparente de Manufacturas Eléctricas

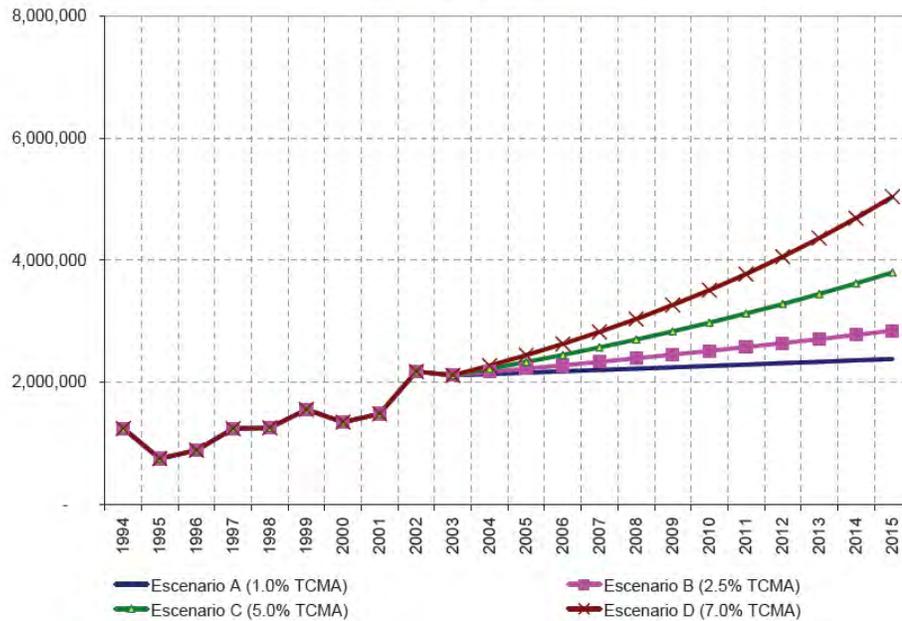
MEXICO: CONSUMO NACIONAL APARENTE DE MANUFACTURAS ELECTRICAS,  
1994-2003  
(Miles de dólares)



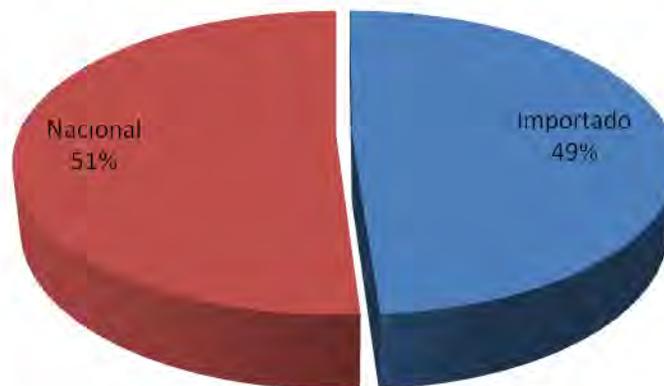
MEXICO: CONSUMO NACIONAL APARENTE DE MANUFACTURAS  
ELECTRICAS POR TIPO DE MERCADO, 1995-2003  
(Variación anualizada)



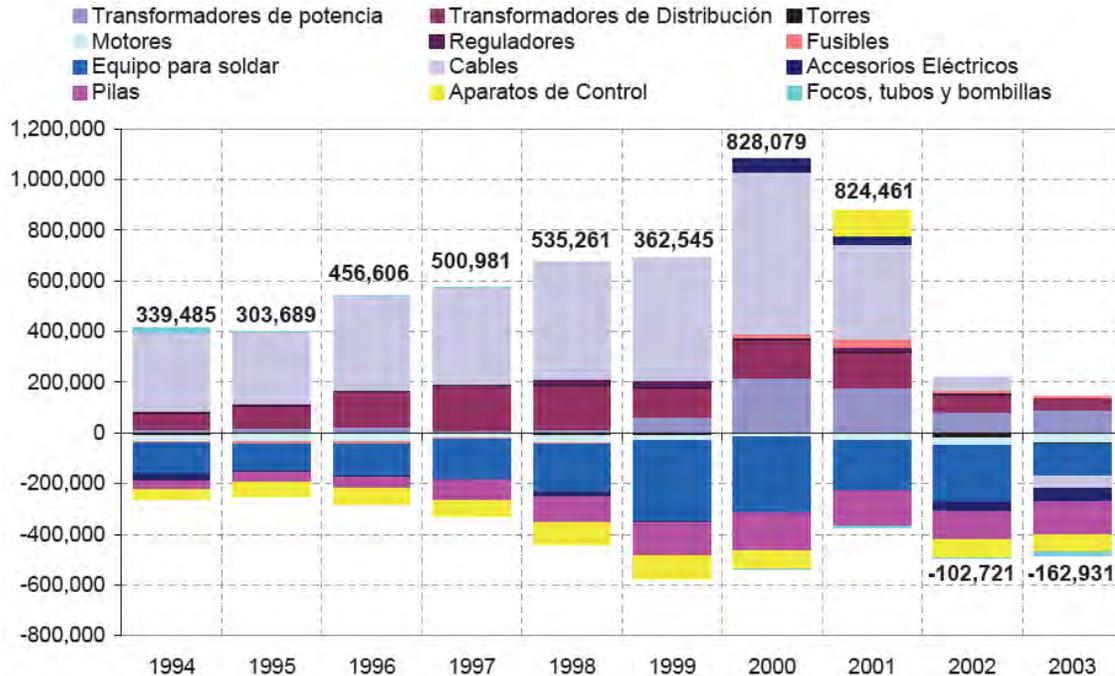
**MEXICO: CONSUMO NACIONAL APARENTE DE MANUFACTURAS ELECTRICAS, 1994-2015**  
 (Miles de dólares)



**Mexico: Participacion en el mercado de manufacturas electricas (Porcentaje del total)**



**MÉXICO: BALANZA COMERCIAL DE MANUFACTURAS ELÉCTRICAS, 1994- 2003**  
(Miles de dólares).



**COMERCIO INTERNACIONAL: INDUSTRIA ELECTRÓNICA**  
Millones de dólares

País	Saldo de la Balanza Comercial									
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	
Alemania	-3,209	-2,266	122	-1,984	-1,043	-1,737	-2,520	-167	-835	
Canadá	-6,480	-5,392	-4,734	-5,351	-5,813	-4,370	-5,052	-4,768	-4,868	
Corea	15,349	8,681	10,523	11,938	11,833	12,673	9,926	13,529	19,014	
E. U. A.	-	-14,523	-8,490	-	-	-	-	-	-	
	20,672			12,040	13,750	25,585	18,108	25,071	26,108	
España	-1,864	-2,852	-2,159	-2,850	-4,269	-4,810	-3,849	-3,532	-4,075	
Francia	-128	300	726	1,535	1,982	1,333	1,341	1,303	-668	
Italia	-3,456	-2,826	-3,679	-4,133	-4,576	-5,150	-3,606	-3,970	-5,471	
Japón	53,246	39,691	39,709	36,846	40,342	47,569	29,787	32,925	40,058	
México	976	-51	-9	-1,277	-2,205	-3,927	-3,700	56	-1,343	
Reino Unido	-2,631	-3,004	-2,464	344	-2,036	-4,184	2,550	6,743	-4,387	
Suecia	2,820	4,946	5,587	5,633	7,354	7,303	2,434	3,521	2,794	

Fuentes: OECD. Main Science and Technology Indicators, 2005-2.

### III. SECTOR AUTOMOTRIZ

---

Es el sector más representativo y el pionero en lo que a mecatrónica se refiere, tiene plenamente identificada a la mecatrónica como una ingeniería y la incluyen en cada vez más productos.

#### **Materia primas:**

- a) Componentes mecánicos.
- b) Componentes electrónicos.
- c) Acero
- d) Polímeros
- e) Conductores
- f) Aluminio
- g) Vidrio
- h) Lamina
- i) Faros

#### **Productos:**

- a) Tableros de control
- b) Sistemas de sonido
- c) Sistemas de iluminación
- d) Sistemas de calefacción
- e) Volantes
- f) Motores eléctricos
- g) Limpiadores
- h) Baterías
- i) Arnese
- j) Ruedas
- k) Rines
- l) Muelles
- m) Asientos
- n) Amortiguadores
- o) Frenos
- p) Dirección
- q) Suspensión

#### **Ensambladoras:**

- a) Autocamiones
- b) Camionetas
- c) Automóviles

## LOCALIZACIÓN DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ EN MÉXICO

### Industria Terminal y de Motores



## Industria de Autopartes



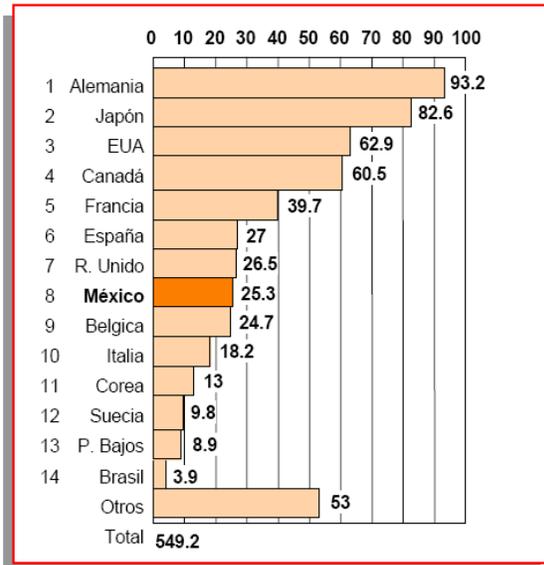


### Presencia de Fabricación de Autopartes en México

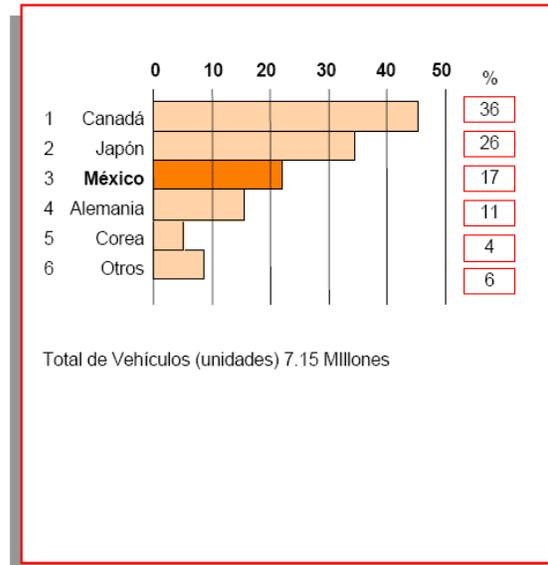


## EXPORTACIONES EN MEXICO (2000)

**Exportación de Vehículos**  
(Miles de Millones USD)

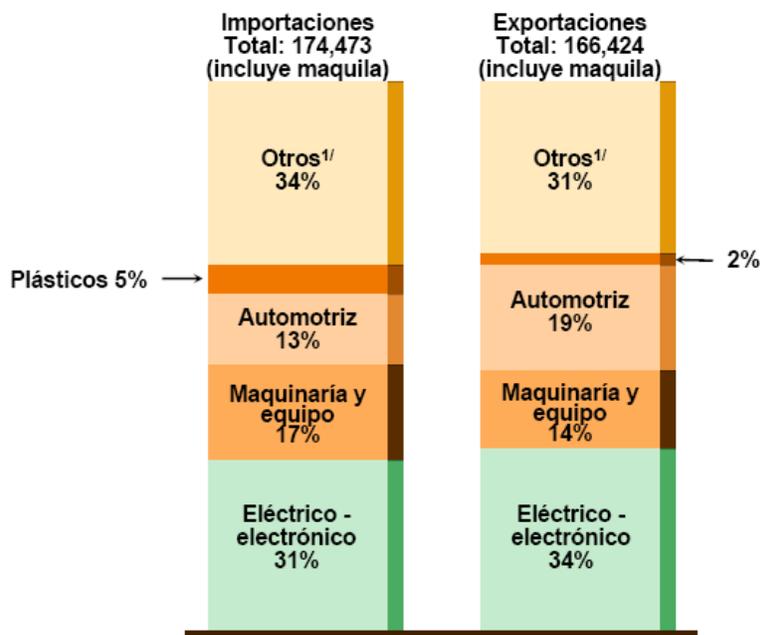


**Exportación de vehículos a EUA**  
(Miles de Millones USD)



## Balanza Comercial de México, 2000

(Millones de dólares)



## MAQUINARIA UTILIZADA EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ EN MÉXICO

---

- a) Barredoras
- b) Compresores
- c) Fresadoras
- d) Dobladoras
- e) Guillotinas
- f) Hornos
- g) Montacargas
- h) Seguetas
- i) Taladros
- j) Tornos
- k) Laminadoras
- l) Roladoras de Lamina
- m) Esmedriladoras
- n) Maquinas de usillos múltiples
- o) Mandriladoras
- p) Perfiladoras
- q) Cepilladoras
- r) Punteadoras
- Prensas
- s) Rectificadoras
- t) Pintadoras
- u) Soldadoras
- v) Inyectadoras de plásticos
- w) Robots Ensambladores
- x) Robots Manipuladores
- y) Maquinas de CNC
- z) Maquinas de Prueba
- aa) Maquinas Universales
- bb) Maquinas de Prototipos Rápidos
- cc) Maquinas de medición por coordenadas

#### IV. SECTOR DE AERONAUTICA

---

México se ha convertido en un destino atractivo para las inversiones del sector aeronáutico, actualmente es un sector que genera más de 20 mil empleos entre 140 empresas aeronáuticas producen componentes y piezas para firmas multinacionales, estas empresas están localizadas principalmente en 14 estados del país, en Baja California el sector aeronáutico esta conformado por 48 empresas que generan más de 12 mil 500 empleos.

Las exportaciones del sector aeronáutico en México por concepto de partes y componentes, en el 2006 generaron \$400 millones de dólares, mientras que la inversión destinada por el sector en el mismo año sumó alrededor de 370 millones de dólares.

Para México este sector es una industria maquiladora donde se producen desde tornillos, cables, condensadores, sistemas de combustible, estabilizadores, tuercas, partes eléctricas, hasta piezas para motores y piezas para turbinas, estos productos se exportan principalmente a Estados Unidos y Europa.

La Federación Internacional de Trabajadores de las Industrias Metalúrgicas (FITIM) estima que hasta 2020, se fabricarán de 15 mil a 15 mil 550 nuevos aviones por un valor total de 1.3 trillones de dólares.

Uno de los factores que obstaculiza la manufactura de partes aeronáuticas es que todas las piezas y componentes deben certificarse y cumplir con requisitos de diseño determinados por los países en donde se fabrican los aviones o motores.

Para impulsar la instalación de fábricas de manufacturas, México participa desde el 2004 en un convenio con Estados Unidos llamado Bilateral Aviation Safety Agreement (BASA), y en otro similar con Canadá, con el objeto de tener mayor colaboración para la certificación de piezas aéreas producidas en nuestro país.

En la actualidad, Estados Unidos es el mayor productor de aviones y componentes aeroespaciales en el mundo al controlar más de 50% del mercado mundial, seguido por Europa con 35%, Asia y Latinoamérica (principalmente Brasil) con 15 por ciento.

Es importante mencionar que la industria aeronáutica en Estados Unidos corresponde a 8% del PIB nacional, es considerado un sector primordial pues involucra la seguridad nacional.

## COMERCIO INTERNACIONAL: INDUSTRIA AEROESPACIAL

Millones de dólares

País	Saldo de la Balanza Comercial								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Alemania	628	-813	-47	-1,044	110	-916	3,368	4,622	3,588
Canadá	1,136	964	111	1,215	1,196	2,378	3,780	3,205	4,471
Corea	-2,366	-2,712	-1,160	-22	-507	-378	-347	-857	-404
E. U. A.	20,758	26,152	31,503	40,556	36,920	25,900	25,897	28,795	26,601
España	-34	-544	-364	-475	-1,561	-1,679	-678	-170	30
Francia	9,092	7,903	7,242	8,000	8,538	8,644	10,807	9,819	10,407
Italia	-35	521	267	21	-217	154	-745	-88	-105
Japón	-2,803	-2,303	-3,078	-4,131	-4,691	-2,469	-1,375	-4,051	-4,501
México	357	195	66	269	240	99	321	404	209
Reino Unido	4,599	3,342	3,636	2,577	2,897	2,002	523	-4,459	-582
Suecia	605	461	448	687	-56	-414	48	407	188

Fuentes: OECD. Main Science and Technology Indicators, 2005-2.

El resultado en la balanza comercial se explica al considerar que en México se fabrican componentes para la industria aeroespacial y luego se exportan principalmente a Estados Unidos, a partir del 2005 el saldo se incrementará por el auge que se está dando actualmente donde grandes compañías de la industria aeronáutica están ingresando al país en busca de mano de obra barata y calificada.

**f. Inventario de las principales instituciones públicas, organismos privados, que promueven y apoyan el desarrollo de la mecatrónica.**

***Instituciones en México***

• ***Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav)***

Gestada desde 1993, la Sección de Mecatrónica del Departamento de Ingeniería Eléctrica del Centro de Investigación y Estudios Avanzados ha sido pionera en México de la investigación en el área.

Por la calidad de los programas de posgrado que ofrece y de la investigación que realiza, actualmente es el grupo de investigación líder en el desarrollo de la mecatrónica en México.

Cuenta con los siguientes proyectos financiados en curso

Los siguientes proyectos financiados se encuentran actualmente en ejecución

- Control proporcional integral generalizado de sistemas dinámicos.
  - Teleoperación bilateral óptica vía Internet.
  - Análisis y control de sistemas no lineales en tiempo discreto.
  - Interacción multilateral vía Internet con robots cooperativos.
- ***Centro Nacional de Actualización Docente en Mecatrónica.***

Entre otras muchas cosas en este centro se imparten cursos de robótica, automatización industrial, sensores y máquinas.

• ***Asociación Mexicana de Robótica, AMRob***

Los principales objetivos que persigue la AMRob son el promover a la Robótica en sus aspectos educativos, de investigación, desarrollo tecnológico y aplicaciones industriales, difundir avances y resultados de investigación y desarrollo en Robótica, servir de enlace entre los miembros de la comunidad interesada en la Robótica y promover la vinculación entre la Academia y el Sector Productivo.

- **Asociación Mexicana de Mecatrónica.**

Miembros actuales de la Asociación:

**Empresa/Institución**

ARJERSIGER S.A. de C.V.	Instituto Tecnológico de Saltillo
AUPROMAQ S.A. de C.V.	Instituto Tecnológico Superior de Uruapan
Centro de Ingeniería Avanzada en Turbomaquinas	Intecsys S.A. de C.V.
Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial	Integración de Tecnología
Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, IPN	Integración Tecnológica Avanzada S.A. de C.V.
Centro de Investigación en Computación	ITESCA
Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico	ITESM Campus Estado de México
Centro Nacional de Metrología	ITESM Campus Querétaro
CIATEQ	ITESM Campus Toluca
CIDESI	MaxLight S.A de C.V.
CINVESTAV Unidad Guadalajara	Petroleos Mexicanos
CINVESTAV-Guadalajara	Tenaris TAMSA S.A. de C.V.
CINVESTAV-Saltillo	Universidad Anáhuac del Sur
CNR S.A. de C.V.	Universidad Anáhuac México Sur
Comunidad Tecnológica	Universidad Autónoma de Puebla
DELPHI S.A. de C.V.	Universidad Autónoma de Querétaro
DEPFI-UNAM	Universidad de Guanajuato
ESIME-Azcapotzalco del IPN	Universidad Kino
Estudiante en el ITESM-Querétaro	Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
FESTO PNEUMATIC S.A. de C.V.	Universidad Modelo de Mérida
Gillette de México S.A. de C.V.	Universidad Nacional Autónoma de México
Hospital General Los Mochis, Sinaloa	Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Industria Militar-SEDENA	Universidad Tecnológica de Coahuila
Ingeniería y Mecatrónica S.A. de C.V.	Universidad Tecnológica de Puebla
Instituto Mexicano del Seguro Social	Universidad Tecnológica de Querétaro
Instituto Mexicano del Transporte	Universidad Tecnológica de San Juan del Rio
Instituto Tecnológico de Apizaco	Universidad Tecnológica de Torreón
Instituto Tecnológico de Chihuahua	Universidad Veracruzana
Instituto Tecnológico de León	University de Poitiers
Instituto Tecnológico de Morelia	University of Essex
Instituto Tecnológico de Puebla	UPIITA-IPN
Instituto Tecnológico de Querétaro	Vanderbilt University
Instituto Tecnológico de Reynosa	Waseda University

- **La Cámara Nacional de la Industria, Electrónica, de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, CANIETI**

CANIETI promueve el desarrollo de este sector en un entorno global con servicios de alta calidad. Su principal propósito es lograr el desarrollo competitivo de la Industria Nacional con sentido gremial y responsabilidad social.

- **Centro De Articulación Productiva En Mecatrónica AC**

La Asociación promueve la difusión de ofertas y demandas de trabajo en Mecatrónica y áreas afines.

- **Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico CENIDET**

El CENIDET ofrece sus programas de posgrado, para egresados de licenciaturas afines que estén interesados en prepararse para la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico.

- **Robótica e Instrumentación Industrial SA de CV**

Automatización y Control de Procesos Industriales

- **Centro de Desarrollo para la Industria Automotriz en México (CeDIAM)**

Es un Centro de desarrollo que fue inicialmente planeado e impulsado por el Tecnológico de Monterrey, gerdas, Instituto Fraunhofer e Instituto de Producción y Logística, ambos en Alemania. El Centro cuenta con el apoyo de la Secretaría de Economía, del CONACYT y del Gobierno de Baviera. Su objetivo es impulsar la competitividad de la industria automotriz en el país, así como prestar servicios, asesoría, desarrollo y apoyo a todo el sector automotriz, independientemente de las marcas y de sectores específicos de la cadena automotriz.

- **Centro de Investigación en Mecatrónica Automotriz-CIMA**

Es un grupo multidisciplinario de investigadores con la experiencia, conocimientos e infraestructura necesaria para prestar a la industria mexicana servicios de asesoría, investigación aplicada, desarrollo tecnológico y capacitación en las áreas relacionadas directa o indirectamente con la ingeniería automotriz. El CIMA fue creado como una consecuencia directa de la Cátedra en Instrumentación Automotriz iniciada en el Agosto 2003.

## **EMPRESAS**

- INTECSYS S.A. de C.V. y NGM Consultores SC
- MECATRONIX
- CRYA
- Mecatrónica Sofía, S.A. de C.V.
- Solaris
- Robótica e Instrumentación Industrial, S.A. de C.V.
- Equiposyahn
- Robótica y Diseño, S.A. de C.V.
- KUKA de México
- TARGET Robotics S.A. de C.V.
- Mecatrónica Ambar, S.A. de C.V.
- Equipo y Máquinas Computarizadas, S.A. de C.V.

### ***Instituciones en otros países***

- ***Hannover Center of Mechatronics (Alemania).***

Este centro proporciona en su sitio información amplia e interesante de todos sus proyectos industriales e investigaciones, además de muchas aplicaciones que dan idea de las diversas áreas que engloba la Mecatrónica. Las áreas que se cultivan en este centro son principalmente: robots autónomos móviles, aplicaciones en ingeniería de la producción (robótica industrial), ingeniería automovilística y procesamiento en tiempo real.

- ***Institute of Mechatronics, Chemnitz University of Technology (Alemania).***

Un centro con un sitio también muy interesante por la amplia explicación que proporciona de algunos proyectos. Entre las áreas que se cultivan en este centro están: sistemas multicuerpo, procesamiento paralelo, simulación en tiempo real, control no lineal y modelado.

- ***Department of Mechatronics, Gerhard-Mercator-University Duisburg (Alemania).***

Otro centro alemán con un sitio con mucha información acerca de sus proyectos. La investigación que realiza se orienta hacia aplicaciones prácticas e industriales.

- ***Mechatronics program at the Johannes Kepler University of Linz (Austria).***

Además de información propia del sitio, se proporcionan allí enlaces a los centros de Mecatrónica más importantes del mundo. Se puede encontrar también información sobre conferencias.

- ***Institute of Robotics and Mechatronics, Wessling (Alemania).***

Proporciona información variada acerca de sus proyectos. Las áreas de investigación que se cultivan son: robótica, ingeniería de control, control robusto, sistemas multicuerpo.

- ***UNESCO Chair On Mechatronics and Mechatronics Research and Application Center (Turquía).***

Destaca en este sitio un interesante artículo sobre la mecatrónica. Este centro cultiva las áreas de sistemas inteligentes y mecatrónica, con aplicaciones principalmente en las áreas de robótica, (manipuladores y robots autónomos móviles) y sistemas no lineales.



- ***International centre for Mechatronics, Fachhochschule University of Applied Sciences (Alemania).***

El sitio de este centro proporciona una gran cantidad de enlaces a grupos de investigación en mecatrónica de todo el mundo y a algunas empresas dedicadas a la mecatrónica.

- ***CIACT Comisión Internacional Asesora de Ciencia y Tecnología***

Fue creada mediante decreto por el Presidente de la República Dominicana, con el objetivo de posicionar internacionalmente a dicho país como uno de los países latinoamericanos de gran incidencia en el desarrollo de temas científicos y tecnológicos.

- ***Asociación de Mecatrónica de Copenhague***

La Asociación provee servicios a las industrias e instituciones que trabajan con ingeniería de diseño, desarrollo de productos, producción y comercialización de productos y sistemas mecatrónicos.

- ***La asociación Mechatronics Design Association***

Es una asociación de estudiantes de la Universidad de Toronto fundada en noviembre del 2004

## **g. Lista de Contactos Estratégicos**

### **Expertos calificados que tienen una opinión preponderante de la Mecatrónica en México**

#### **✓ Comité Ingeniería y Tecnología. Foro Consultivo de la Cámara de Diputados**

Dr. Jaime Eugenio Arau Roffiel  
Dr. Juan Carlos Antonio Jáuregui Correa  
Dr. Víctor Manuel Loyola Vargas  
M.C. Carlos Maroto Cabrera  
Dr. Oscar Armando Monroy Hermosillo  
Ing. Ángel Ramírez Vázquez  
Dr. Alejandro Uribe Salas  
Dra. Cristina Verde Rodarte

#### **✓ Instituciones públicas**

Cinvestav- Sección de Mecatrónica: Dr. Jaime Álvarez  
Ciateq : Dr. Rogelio Álvarez Vargas/M. en C. Baquero  
Cidesi: Dr. Carlos Rubio  
UNAM: Dr. Manuel Dorador  
Sistema de Tecnológicos Regionales: Directivo de la DGTI

#### **✓ Instituciones privadas**

ITESM: /Dr. Dante Dorantes/ Dr. Marco Iván Sosa Morán  
Univ. del Valle de México:  
La Salle:

#### **✓ Grupos del Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECyT 2001-2006)**

##### **Grupo IV. Diseño de productos de alto valor agregado y procesos de manufactura**

- Dr. Gilberto Herrera Ruiz – Univ. Autónoma de Querétaro
- Dr. Juan Carlos Antonio Jáuregui Correa – CIATEQ-Aguascalientes
- M. en C. Carlos Maroto Cabrera – Consultor independiente
- Dr. Gerardo Ruiz Chavarria – UNAM Fac. de Ciencias
- Dra. Maria Cristina Verde Rodarte – UNAM Instituto de Ingeniería
- Dr. Esteban Villanueva Villanueva – Asociación Mexicana de Promotores de Negocios Tecnológicos

## Conclusiones

### I. Resultado obtenidos para cada uno de los temas abordados

La gran oferta académica de mecatrónica de varios niveles en México (cuantitativamente hablando), el bajo nivel de la mayoría de estos programas (cualitativamente hablando), la baja competitividad de México, el cortoplacismo de la clase empresarial mexicana, la competencia globalizada y la carencia de políticas públicas efectivas y a mediano plazo, aunado a la falta de una estricta supervisión de la oferta académica y promoción de la ingeniería mecatrónica, hacen urgente tomar medidas de carácter global y a largo plazo para lograr los beneficios, de la Mecatrónica, que se han cosechado en otros países. Es necesario políticas públicas y claros apoyos para capitalizar la cantidad de ingenieros mecatrónicos ya disponibles en el mercado laboral y que hoy día están ejerciendo otra cosa. Como una sugerencia preliminar se sugiere considerar la creación de un Centro o Instituto Nacional de Mecatrónica que mejore las habilidades y competencias de los ingenieros ya egresados -pero que presentan evidentes deficiencias-, que articule el sector productivo y el ámbito académico, y por otro lado supervise y norme la calidad de los programas académicos y finalmente certifique las competencias del Ingeniero en Mecatrónica.

#### **Empresas especializadas en mecatrónica**

1. En RENIECYT aparecen solamente 2 personas morales con servicios en Mecatrónica

- Centro de Innovación Tecnológica en Optomecatrónica, del Estado de Guanajuato A.C.(CITOM)
- Mecatrónica de México, S.A. de C.V. (Mecmex)
- Además, esta también Ingeniería Mecatrónica S.A. de C.V., en Querétaro

#### **Divulgación de la Mecatrónica en México**

1. Divulgación: Revista “Investigación y Desarrollo” menciona 32 veces a mecatrónica en igual número de notas de la revista

2. Debido a lo novedoso, pero también a lo reciente de esta disciplina, no es de extrañarse que existan al menos 3 revistas en el mundo dedicadas a aspectos educativos de mecatrónica. En los últimos 5 años no existe un solo artículo publicado por autores mexicanos.

#### **Asociaciones Académicas**

1. Existe solo 1 asociación académica nacional dedicada a “vincular al sector social, industrial y educativo, promoviendo la investigación y el desarrollo de tecnología que beneficie al País.” Esta es la Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C. (<http://www.mecamex.net>), la cual tiene registrados mas de 170 miembros regulares y 13 capítulos estudiantiles, entre capitulos universitarios, técnico superior universitario y bachillerato, hasta un colegio pre-universitario (Universidad Anáhuac del Sur, Instituto Tecnológico de Saltillo, Instituto Tecnológico de Puebla, Instituto Tecnológico de



Reynosa, Instituto Tecnológico de Minatitlán, Instituto Tecnológico de Querétaro, UPIITA-Instituto Politécnico Nacional, Universidad Tecnológica de Coahuila, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Instituto Tecnológico de Cd. Cuauhtémoc, Rama Juvenil de Mecatrónica del Colegio Benavente, Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No.118-CEBETyS 118, Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico-CENIDET). Esta asociación ha organizado anualmente congresos, dirigido a estudiantes no a investigadores. Por lo tanto, este congreso no constituye todavía un foro académico competitivo como para que la comunidad de investigación mexicana en mecatrónica disemine sus resultados originales en este congreso (los cuales son presentados en diversos congresos alrededor del mundo, pero no aquí en México).

### **Congresos internacionales de mecatrónica en México**

1. No se han llevado a cabo ningún congreso internacional de un nivel importante de mecatrónica en México, que involucre un estricto proceso de revisión per peer, como los actuales congresos internacionales, tales como IEEE-AIM, ASME-IMECE, etc.

### **Desarrollo tecnológico mecatrónico.**

1. En 2004, el desarrollo del único control numérico diseñado y construido en México por mexicanos mereció la distinción de primer lugar del *Premio ADIAT a la Innovación Tecnológica*, galardón que anualmente otorga la Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico, como todo un logro en mecatrónica.
2. A pesar del loable logro anteriormente mencionado, no existe otro caso de éxito similar en México, y esto contrasta con el enorme numero de escuelas que ofertan esta carrera y el enorme número de egresados año con año.

### **Plan estrategico vinculador con el sector productivo**

1. Programa TechBA, “Technology Business Accelerator- Aceleradora Tecnológica México-Silicon Valley” es una estrategia binacional que funciona como una aceleradora de empresas, creada para dar soporte a empresas mexicanas de alto nivel para introducir su tecnología de innovación, productos y servicios a los Estados Unidos y al mercado global, y mecatrónica es una de las 4 áreas de apoyo

### **Aspectos laborales**

1. Observatorio laboral ([www.observatoriolaboral.gob.mx](http://www.observatoriolaboral.gob.mx)) no distingue “mecatrónica” como palabra clave para clasificar la información, es decir no clasifica la búsqueda de la información utilizando esta palabra, cosa que si sucede por ejemplo con “mecánica”, o “electrónica”, por mencionar algunos.
2. En diversos periódicos locales/regionales de las grandes ciudades, en particular aquellas con presencia automotriz y de manufactura, se pueden encontrar avisos de industrias requiriendo personal calificado con grado de ingeniero en mecatrónica. Este hecho es muy reciente y permite inferir que poco a poco directivos de las empresas están dándose cuenta de que capacidades laborales les puede otorgar un ingeniero en mecatrónica

## **Seguimiento de egresados**

- ✓ Actualmente se presume conservadoramente que cada año egresan de las >150 escuelas, en todos los niveles, mas de 2,500 estudiantes graduados (cifra que fácilmente puede ser mayor, debido a que solo estamos considerando menos de 9 egresados por semestre por institución).
- ✓ En México existe un enorme capital intelectual desaprovechado (los cientos de egresados de las carreras de mecatrónica, desde 1991 en la Anahuac Sur y posteriormente con el crecimiento exponencial originado con el establecimiento de esta carrera en UPIITA-IPN), en el cual se le ha invertido enorme cantidad de recursos públicos en formarlos en mas de 150 instituciones académicas (de todos tamaños y de todos niveles). La gran disparidad académica que existe entre por ejemplo un egresado de ingeniería entre la UPIITA-IPN y la Universidad de la República Mexicana es enorme o la gran asimetría que existe entre un egresado de La Salle, con 8 materias de humanidades –relacionadas con religión y un Instituto Tecnológico (educación laica). Ambos programas tienen un numero de créditos similar, por lo que un egresado del Tecnológico llevo varias materias técnicas que no llevo el egresado de La Salle.
- ✓ Actualmente podemos afirmar, aun sin tener el estudio formal, que la gran mayoría de los egresados de las carreras de mecatrónica no se dedica a la mecatrónica en su campo laboral. Esta conclusión no es de extrañar, sino que es la situación que prevalece en virtualmente todos los egresados de carreras emergentes (como biotecnología, telemática, biónica, nanotecnología) en países en donde ni el sector público ni el privado tienen un sector maduro en esas áreas como para captar tantos egresados, en particular en México, en donde mecatrónica es una área que virtualmente no existe en el sector productivo.
- ✓ Una búsqueda en todo el sitio web de Conacyt entrega solamente 5 sitios internos con Mecatrónico, 4 de ellos relativos a demandas de convocatorias y 1 mas definiendo un perfil de Promotores IDITEC. Siendo Conacyt nuestro organismo descentralizado que concentra los programas de ciencia y tecnología, es sin duda representativa la falta de interés en promocionar una disciplina que tiene evidentemente tanto impacto en procesos productivos
- ✓ Sistema integrado de información sobre investigación científica y tecnológica: 6 ligas en producción científica y tecnológica, FOMIX (Qro, Gto, Hidalgo, Sinaloa, SLP), Sectoriales (CFE)
- ✓ Premio Nacional de Tecnología 2007 ganado por FUNTEC, A.C (Fundación Mexicana para la Innovación y Transferencia de Tecnología en la Pequeña y Mediana Empresa, A.C)

## **Interés en la mecatrónica**

**Academia:** Existe una tendencia de crecimiento exponencial en los últimos 10 años. El número de estudiantes interesados en estudiar mecatrónica va en aumento hasta

logarítmico, de hecho, por ejemplo en todo el sistema del Instituto Politécnico Nacional, Ingeniería Mecatrónica es la carrera de más alta demanda en 2006 y 2007 (un hecho sin precedente dado que mecatrónica no es una carrera demanda por ningún sector industrial, ni tiene una clara estrategia de promoción ni sector educativo, ni el productivo, ni en ningún órgano de gobierno). Para re-encausar esta gran fuerza laboral y lograr un impacto inmediato sin embargo se requieren una cultura empresarial moderna, con apoyo del estado para plantear modernización de los procesos. Como parte sustancial de esta estrategia debería considerarse la generación de un sistema nacional de acreditación, lo cual podría no solo emitir ciertas normas y regulaciones para habilitar a los ingenieros en mecatrónica, sino también cursos complementarios para homogenizar, basados en competencias laborales, el nivel de los egresados.

Plan Estratégico. Homogenizar las competencias laborales y el nivel de los egresados permitiría estandarizar y potenciar la actual plataforma de egresados, lo cual podría contribuir a lanzar a mediano plazo una estrategia sólida de proyectos de desarrollo tecnológico y modernización mecatrónica de empresas del sector automotriz, del sector de la manufactura y del sector de la transformación.

Conacyt: El programa denominado Programa Especial de Ciencia y Tecnología 2001-2006 no contempla la mecatrónica como un sector clave en el desarrollo de algún sector productivo, y no se hace ninguna mención, ni un solo comentario siquiera acerca de la mecatrónica, solo lo menciona en un apartado donde señala una colaboración de la agencia Japonesa para la Cooperación Internacional del Japón (JICA por sus siglas en inglés) con el CIDESI de Querétaro.

Secretaría de Economía: En el estado de Querétaro, recientemente la SE solicito un estudio prospectivo de la mecatrónica, que derivó en un conjunto de recomendaciones para apoyar el sector automotriz. Igualmente la SE a nivel federal tiene acciones para realizar un levantamiento nacional de la realidad la mecatronica en todo el territorio.

Pymes: Las Pymes generalmente sostienen que la innovación tecnológica ocurre por generación espontánea, cuando en realidad exige un esfuerzo sistemático, permanente y generalizado de desarrollo o aplicación de nuevas tecnologías, cambios en la organización del trabajo y aumento del capital humano que conduzca a la mejora de procesos, productos y servicios.

## II. Estrategias para detonar el desarrollo de la mecatrónica en el país

- ✓ Es recomendable generar acciones desde “abajo”, considerando a todos los actores (sector productivo, sector educativo, sector de desarrollo tecnológico, secretarías de economía y conacyt), ya que son pocos los resultados que ha dado la Comisión de Ciencia y Tecnología desde el poder legislativo, con una productividad en iniciativas aprobadas que sean efectivas.
- ✓ Es importante considerar a la ingeniería mecatrónica como una disciplina especializada en el diseño, construcción e innovación de sistemas modernos, la cual también puede modernizar sistemas vía una reingeniería concurrente o generar nuevos productos y patentes.
- ✓ Sería conveniente crear un organismo regulador de la mecatrónica en México, el cual fuese dirigido por un representante de la SEP, uno de la industria, uno del sector de la investigación y otro del sector de desarrollo tecnológico, además de dos más de la secretaria de economía y Conacyt. El propósito de este organismo regulador es ordenar, regular, proponer estándares y competencias de un ingeniero en mecatrónica y crear, en programas ya existentes, un semestre remedial de cursos para homogenizar el nivel de los egresados y finalmente validar las capacidades y habilidades del ingeniero en mecatrónica con exámenes escritos, orales y experimental (laboratorio).
- ✓ Crear una red de laboratorios nacionales (crearlos en laboratorios ya existentes de algunos programas exitosos actualmente) para atender y promocionar las estrategias de vinculación entre el sector productivo y la academia, además de ofertar especializaciones y diplomados a la industria.

### III. Conclusión general del análisis realizado

- ✓ La capacidad educativa para preparar profesionales en mecatrónica en nuestro país ha visto un incremento exponencial en los últimos años, sin embargo la demanda de profesionistas de parte de las empresas no ha captado más allá del 1% de estos egresados.
- ✓ La implicación de la mecatrónica como disciplina en la mejora de procesos productivos y de productos terminados es clara, la competencia mundial y la globalización de los mercados obligan a una competencia frontal en nuestros propios mercado, sin embargo la brecha tecnológica en algunos sectores requiere de una vinculación urgente con las instituciones y organismos que conocen del tema.
- ✓ Existe un problema de desconocimiento en la planta productiva nacional con respecto al concepto de mecatrónica, ya que se ha detectado que aunque se utilicen elementos mecatrónicos en los procesos productivos o inclusive que utilicen elementos en productos terminados no los reconocen como tal.
- ✓ En el tema de las capacidades tecnológicas se encontraron varias insertas en instituciones educativas, sin embargo no hay un claro mecanismo que motive a la vinculación academia empresa fuera de algunas excepciones.
- ✓ Los organismos que pudieran servir como articuladores entre los programas gubernamentales de apoyo, las instituciones y centros educativos y las empresas, especializados en mecatrónica o sus ramas son muy pocos y no están articulados entre ellos. Las tareas que realizan encaminan sus esfuerzos a la difusión principalmente entre el sector estudiantil.
- ✓ Prácticamente todos los expertos entrevistados coinciden en que la mayoría de la maquinaria y equipo mecatrónico que cuenta la planta productiva de nuestro país proviene del extranjero y no se conoce un programa nacional estructurado que permita adoptar el conocimiento aplicado al menos para ofertar el mantenimiento preventivo o correctivo de la misma.
- ✓ El sector automotriz es el que presenta el mayor número de menciones como agrupamiento con características de madurez y eslabonamiento en cuanto al uso de elementos mecatrónicos y se prevé que lo mismo suceda con el sector aeronáutico.
- ✓ El impulso a la mecatrónica en México mediante planes y programas de mediano plazo, pudiera significar para el país la oportunidad para mejorar su posición competitiva y la disminución de la brecha tecnológica con respecto a otros países, así como la mejora en las condiciones de la planta productiva.

