

00485  
3



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS  
Y SOCIALES

LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN MEXICO EN EL  
CONTEXTO INTERNACIONAL Y LATINOAMERICANO

**T E S I S**

QUE PRESENTA

**PRUDENCIO OSCAR MOCHI ALEMAN**

PARA OPTAR POR EL TITULO DE

**DOCTOR EN ESTUDIOS LATINOAMERICANOS**



ASESOR: ALEJANDRO DABAT LATRUBESSE

MEXICO 2003

A

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>CAPÍTULO UNO: HISTORIA INTERNACIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE SOFTWARE .....</b>	<b>15</b>
1.1 Los orígenes de la computación electrónica .....	15
1.2 El software como actividad independiente .....	18
1.3 La otra historia: el software libre .....	30
1.4 La computación y el software en México .....	39
 <b>CAPÍTULO DOS: LA INDUSTRIA INTERNACIONAL DEL SOFTWARE ...</b>	<b>48</b>
2.1. La nueva revolución productiva industrial y la división global del trabajo .....	48
2.2. La industria del software y servicios informáticos .....	52
2.3 Las tecnologías de la información (TI) y los servicios informáticos (ISSI) en el ámbito internacional .....	58
2.4 Experiencias significativas del contexto internacional .....	64
a) India .....	64
b) Irlanda .....	71
c) Israel .....	74
2.5 La industria del software en América Latina .....	77
a) Brasil .....	77
b) Argentina .....	87
c) Uruguay .....	100
d) Costa Rica .....	106

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la  
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el  
contenido de mi trabajo intelectual.

NOMBRE: Mochi Prudençio

FECHA: 2/09/03

FIRMA:

*Mochi Prudençio*  
P/ Prudençio Mochi

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPÍTULO TRES. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN MÉXICO ..... 110**

**3.1 Fases de la investigación ..... 112**

**3.2 Datos Generales ..... 113**

    a) Las tecnologías informáticas y de comunicación en México .... 113

    b) El software en México. Tendencias y perspectivas generales ... 117

**3.3 Resultados de la encuesta ..... 124**

    a) Empresas que conformaron la muestra ..... 124

    b) Año de creación ..... 125

    c) Tamaño ..... 126

    d) Facturación y Exportación ..... 127

    e) Recursos Humanos ..... 129

    f) Usuarios ..... 130

    g) Herramientas de desarrollo ..... 132

    i) Lenguajes ..... 132

    ii) Sistemas operativos ..... 134

**3.4 La importancia del territorio en las configuraciones híbridas  
    de las empresas de software..... 137**

**3. 5 La piratería: legislación y normatividad ..... 145**

**3.6 Políticas públicas ..... 147**

**3.7 Situación, fortalezas y debilidades del sector en  
México ..... 150**

**CAPÍTULO CUATRO: LA FORMAS DE ORGANIZACIÓN, LOS PROCESOS  
DE CALIDAD Y LOS TRABAJADORES DEL CONOCIMIENTO EN LA  
INDUSTRIA DE SOFTWARE ..... 153**

**4.1 Las características del nuevo modelo de organización ..... 153**

**4.2 Aspectos generales ..... 156**

**4. 3 Los modelos de procesos de calidad en las empresas de software ...164**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

c

a) CMM ( <i>Capability Maturity Model</i> ).....	166
b) Normas ISO .....	173
c) Norma Mexicana (MOPRIS) .....	174
4.4 Los trabajadores del conocimiento .....	178
4.5 La formación de los trabajadores del conocimiento en México .....	180
CONCLUSIONES .....	185
BIBLIOGRAFÍA .....	199

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## INTRODUCCIÓN

Los avances tecnológicos experimentados durante las últimas décadas del siglo XX impulsaron una serie de procesos que algunos autores han definido "como una nueva revolución productiva o industrial" (Castell, 2000; Dabat, 2002). Tal fenómeno está relacionado con el surgimiento de una nueva etapa del sistema de producción capitalista, que se caracteriza por la creciente importancia de la innovación tecnológica y del conocimiento como factor preponderante en la generación de valor, en un contexto de globalización económica.

En este escenario, las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) han adquirido una gran importancia debido a un conjunto de factores como: la expansión acelerada y los cambios revolucionarios en el sistema de telecomunicaciones, los procesos vinculados con el desarrollo de la red de redes Internet, la introducción y crecimiento exponencial de las computadoras personales, así como la demanda de programas de cómputo especializados.

Tales elementos se encuentran asociados al desarrollo y uso creciente de una tecnología multifuncional, el software, cuyas características dificultan su definición: es un elemento dual, a la vez servicio y producto, intangible y necesario para muchas actividades, desempeña un papel clave en la reconfiguración actual de las nuevas industrias: indispensable para el procesamiento de datos, necesario para que funcionen los equipos de hardware y se incorpora cada vez más a productos industriales de uso cotidiano. Su gran dinamismo económico propicia el desarrollo de nuevas áreas y crea nuevas oportunidades de empleo. Ha generado una industria importante, cuyos campos fundamentales son la ingeniería del software y los servicios informáticos (ISSI), que tienen una estructura compleja y una gran capacidad de innovación.

En este contexto se inserta la presente investigación sobre la industria del software, la de más alto crecimiento y de mayor significación de las SE-I (Sector

Electrónico Informático) en el ámbito internacional. Su papel en la dinámica de las economías modernas es cada vez más importante, ya que su expansión está estrechamente asociada a la masiva introducción de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, las cuales están redefiniendo de manera acelerada las formas de producir, vender y competir en prácticamente todos los sectores productores de bienes y servicios. Se trata, en consecuencia, de una industria estratégica en el actual contexto mundial y cuyo desarrollo es impulsado por diversas vías en los países industrializados, particularmente en los Estados Unidos, así como en varias naciones de industrialización reciente, tales como India, Irlanda e Israel, los cuales a partir del desarrollo de la "división global del trabajo", desde la década de los ochenta, han comenzado su inserción en el mercado internacional.

En América Latina, y México, la industria también atraviesa por un proceso de maduración incipiente, que se manifiesta en un crecimiento casi ininterrumpido durante los años recientes. Además, en toda la región se están emitiendo políticas gubernamentales activas que estimulan la creación de empresas, el desarrollo de las ya existentes y la promoción de tecnología e infraestructura en telecomunicaciones que los países requieren para sentar las bases de su crecimiento a largo plazo.

Las oportunidades y retos que plantea consolidar la industria del software dejan clara la necesidad y urgencia de convocar a todos los sectores para construir una visión colectiva, a fin de aprovechar más las ventajas que les ofrece tal subsector para su inserción en la economía internacional y para el desarrollo de los distintos sectores de las economías nacionales.

Cabe destacar, sin embargo, un hecho sorprendente. Pese a la importancia y rápido crecimiento de la industria del software en todo el mundo, es relativamente escasa la producción académica dedicada al tema, específicamente, desde el punto de vista socioeconómico. Así, hay una gran cantidad de trabajos que

estudian las formas de competencias, la dinámica de la innovación, etc., en ramas como la automotriz, la química, la computación, pero son pocos los que hacen lo mismo con el subsector de software. Este problema también se extiende al campo de los datos y las estadísticas, en los que existen carencias notorias *vis a vis* otras actividades económicas sobre las cuales se cuenta con abundante información de libre disponibilidad. De ahí la importancia de nuestra investigación, que partió de algunos trabajos y fuentes internacionales de las cuales fue posible extraer una serie de elementos para caracterizar las tendencias y características básicas del subsector.

La investigación que presentamos tuvo como objetivo central el estudio de la industria del software en México en el contexto internacional y latinoamericano. Para llevarla a cabo, se tomaron, por una parte, como casos de referencia estudios realizados en otros países: India, Irlanda e Israel, así como Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica, que permitieron abordar la situación internacional.<sup>1</sup> Por otra parte, para analizar el caso de México, se recuperaron los datos generales del subsector y se seleccionaron 30 empresas nacionales e internacionales que desarrollan software a la medida, por considerar que son las más dinámicas e innovadoras de esta industria.<sup>2</sup>

El proyecto en su conjunto abarca el estudio de experiencias internacionales, con más énfasis en los casos latinoamericanos, por las posibilidades de acceso a la información más inmediata y sobre todo la situación particular de México. A su

---

<sup>1</sup> Hoch, D., C. Roeding, G. Purkert y S. Lindner (1999), *Secrets of Software Success. Managements Insights from 100 Software Firms around the World*, Harvard Business School Press, Boston; Nasscom (2000), "Indian IT Software and Services Industry", disponible en <http://www.nasscom.org>; (2001a), "Indian IT Software and Services Industry", disponible en <http://www.nasscom.org>; (2001b), "Indian IT Software and Services Industry", disponible en <http://www.nasscom.org>; *Enterprise Ireland's National Informatics directory* para Irlanda; *Israel Association of Software House* para Israel; Instituto de Estudios Económicos en Software y Ciencia y Tecnología y Proyecto MIT-SOFTEX- W-class (2002) para Brasil, Chudnovsky, Daniel, *et al.* (2001), *El sector de software y servicios informáticos (SSI) en la Argentina: Situación actual y perspectivas de desarrollo*, mimeo, para Argentina; Ministerio de Industria, Energía y Minería Uruguay. (1999). *Informe Sector Software* y Stolovich *et al* (2001) para Uruguay, Caprosoft para Costa Rica.

<sup>2</sup> Para el estudio se contó con la colaboración de la firma Select, IDC México, especialista en

vez, se realizó un estudio sobre las formas de organización y los sistemas de calidad que caracterizan a las empresas de software, debido a que representan un cambio respecto del precedente paradigma fordista y constituyen un nuevo modelo productivo, basado en el capital intelectual, más acabado como paradigma posfordista. Así, la investigación no se ciñó sólo al estudio de datos cuantitativos del subsector (producción, exportación, número de empleados, sistemas, lenguajes, áreas de desarrollo, etc.), sino que incluyó también aspectos organizacionales y cualitativos que formaron parte del marco general del trabajo.

Las interrogantes que pretendimos responder fueron: ¿Cuál es el grado de desarrollo de la industria internacional del software en el marco del desarrollo de las TIC? ¿Qué posibilidades tiene México de insertarse en el mercado internacional como productor de software competitivo e innovador? ¿Qué grado de madurez han alcanzado las empresas en México? ¿Qué tipo de incentivos gubernamentales existen en México? ¿Qué tipo de oferta de recursos humanos preparados para esta industria hay en México? ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades del subsector en otras realidades internacionales que compiten con México? ¿Cuáles son las fortalezas y debilidades del subsector en México? La idea era indagar en qué medida se podía hablar de un subsector competitivo y consolidado en el país.

El problema y los presupuestos planteados que acompañaron la investigación fueron:

- a) la industria del software es de importancia estratégica central para el desarrollo futuro del país, dado su papel decisivo dentro del conjunto de SE-I, y como subsector de más rápido crecimiento dentro del mismo;
- b) la calificación de la fuerza de trabajo y el desarrollo de opciones educativas resultan fundamentales dentro de la industria del software;

---

informática, empresa que brindó cifras cuantitativas y ayudó en la recolección de datos.

- c) la industria se caracteriza por el peso particular de la micro y pequeña empresa y por el carácter innovador de la misma, y
- d) para los países de tardía industrialización (y por tanto para México), se requieren políticas públicas que impulsen ese desarrollo y les permitan escalar hacia niveles más elevados de actividad.

Los presupuestos particulares de la investigación fueron los siguientes:

- 1) México tiene un desarrollo relativamente escaso de la industria del software, a tal grado que no se han generado sistemas operativos ni lenguajes, salvo de carácter experimental y académico,<sup>3</sup> y la exportación es limitada y está concentrada en pocas empresas. Esto se debe en gran parte a la falta de políticas activas, tanto industriales como de fomento exportador. Prevalecen las empresas desarrolladoras de software a la medida y las distribuidoras de software producido por terceros o por las casas matrices.
- 2) A pesar del crecimiento de la demanda en México de trabajos calificados para esta industria, no existe un desarrollo suficientemente amplio de la oferta educativa ni un vínculo estrecho entre academia y empresa.
- 3) La infraestructura disponible en materia de telecomunicaciones en México está poco desarrollada, aunque existen esfuerzos para expandirla.

A fin de cumplir los objetivos propuestos en la investigación, consideramos necesario abordar algunas preocupaciones teóricas, siguiendo algunos parámetros internacionales para la conceptualización de software y los tipos de empresas<sup>4</sup> y rubros<sup>5</sup> vinculados a esta rama industrial, así como los segmentos de productos que caracterizan al subsector. A su vez, consideramos necesario abrir

<sup>3</sup> Las grandes empresas distribuidoras de herramientas ERP y CRM son de origen norteamericano (Oracle, Solomón, People Soft, etc.), europeo (Sap, Bann, Scala, etc.) y latinoamericano (Datalus y, de Costa Rica, Exactus).

<sup>4</sup> Empresas desarrolladoras de software, subcontratistas de las mismas; empresas de servicios (instalación de programas, configuración, pruebas, puesta a punto, elaboración de manuales, etcétera).

nuestra explicación más conceptual en temas como lenguajes y sistemas operativos y la evolución que ambos tuvieron, además de sus características principales. Todos los temas se articulan, complementan y desarrollan a través de su exposición en los cuatro capítulos, cuya estructura describe los objetivos que hemos perseguido con su realización.

En el capítulo I se aborda la evolución de la industria del software. Aunque la historia del software ha tenido periodos poco nítidos, su nacimiento como tal se puede plantear junto con la primera computadora. Además, durante la Segunda Guerra Mundial constituyó una importante arma de defensa para decodificar mensajes en clave. Sin embargo, el origen de la industria se sitúa en 1955, con el surgimiento de la primera empresa de software independiente, la Computer Usage Company (CUC), en una época caracterizada por la proliferación de empresas que hacían desarrollo de software a la medida, es decir, que adaptaban los servicios a las necesidades de cada cliente o subcontratista del sector privado o de gobierno que terciarizaban parte de sus actividades.

Posteriormente, durante la década de los sesenta nació la primera empresa que desarrolló y comercializó por cuenta propia un producto software, la compañía ADR, y empezaron a aparecer desarrollos de lenguaje de alta especialización, como el Fortran y el Cobol, que reemplazaron a los viejos programas (por ejemplo, el lenguaje Assembler) y contribuyeron a reducir los costos de desarrollo *in house*, pero obstaculizaron el surgimiento de proveedores especializados (Steinmuller, 1996). También se multiplicaron las compañías desarrolladoras de soluciones, las "agencias de servicios," como formas alternativas a las grandes empresas de venta de hardware. Además, como consecuencia de la separación del cobro por separado del software que llevó a cabo la IBM, se desarrolló la industria del software independiente en los Estados Unidos.

---

<sup>5</sup> Sistemas operativos; software aplicativos o productos empaquetados de mercado masivo; soluciones empresariales o software desarrollado a medida. Servicios informáticos. Software embebido; software de servicios a distancia (*offshore outsourcing*).

La siguiente década constituyó la era de consolidación de las soluciones empresariales, proceso en el se crearon empresas como Oracle y Baan, pero también de otros acontecimientos importantes, como la reducción del tamaño de las computadoras con el surgimiento del microprocesador de Intel, la introducción que realizó la IBM del disco duro de almacenamiento 3330, el inicio del correo electrónico (*e-mail*) y de los *Start ups*, conocidos hoy en día como Enterprise Resource Planning (ERP). Además, el desarrollo de un nuevo sistema operativo multiusuario y multitareas, conocido como UNIX, permitió en un primer momento aplicaciones científicas y de ingeniería para después orientarse hacia un mercado corporativo, permitiendo a empresas como IBM y HP desarrollar sus propias versiones. En este período surge también el movimiento de software libre, quienes produjeron una ruptura entre los que transformaron el software en el principal negocio de mercado y quienes lo consideraron un bien público.

En la década de los ochenta se presentaron una serie de sucesos que cambiaron el panorama de la computación y del desarrollo del software. En 1981, la aparición de las computadoras personales (PC) introducidas por IBM dio lugar al desarrollo de software para el mercado masivo. Bill Gates y Paul Allen crearon para IBM el sistema operativo MS DOS. A partir de ese momento, la empresa de Gates, Microsoft, no ha cesado de producir nuevas versiones, convirtiéndose en la firma más importante de software en el mundo. Luego aparecerán nuevas compañías: Novell, Lotus, Word Perfect, entre otras. No obstante, la línea que propugna por el software libre se mantiene hasta la actualidad y se adapta a las necesidades del mundo académico, de la industria y de los gobiernos. Uno de los hechos significativos de esta corriente, se presentó en 1991, cuando un grupo de aficionados y programadores gestó una forma de producción cooperativa y voluntaria, de las cuales Linux es la versión más conocida y difundida.

El desarrollo de Internet caracterizó la última etapa de esta industria. Netscape (1994) dará inicio a este nuevo periodo. La tecnología Internet y los *browser* gráficos permitieron aplicaciones nuevas y oportunidades para los servicios. A la

luz de estas necesidades surgen nuevas empresas casi todos los días. A su vez, el comercio electrónico permitió ganar un espacio inédito en el mercado a empresas como Broadvisión, Icar, Interschop Communications, Open Market, Comerse Wave, entre otras.

El desarrollo de la industria del software en México se enmarca en el desarrollo de la industria de la computación en general. Aunque la existencia de las computadoras en el país se remonta a los años sesenta en algunas instituciones de educación superior (como el Cinvestav, la UNAM y el Colegio de Postgraduados de Chapingo), se puede decir que es en los años ochenta cuando su uso comienza a generalizarse entre empresas e instituciones gubernamentales, gracias a la aparición y expansión de las PC. En este periodo, también se inició el negocio de software a la medida en el país, proporcionando apoyo específico a las necesidades de las empresas, así comenzaron a surgir las principales firmas nacionales, tales como Aspel, Siga Desarrollos, Digit, y a establecerse empresas extranjeras (IBM, Microsoft, Oracle). México no escapa a la estrategia internacional de pasar de venta de productos a venta de soluciones. Aun así, no ha logrado difundirse en gran escala el software comercial en el país, pues el sector público y la empresa privada han utilizado la estrategia de contratar como empleados a muchos programadores, desarrolladores de sistemas y analistas, quienes les han resuelto sus necesidades en este aspecto.

A pesar de todos los antecedentes de los programas de gobierno orientados a estimular el desarrollo de una industria nacional de la computación,<sup>6</sup> apenas en 2002 la Secretaría de Economía conjunta las propuestas del sector empresarial, diversas instituciones públicas y cámaras empresariales para elaborar y presentar el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (Prosoft). Así, el

---

<sup>6</sup> Plan Nacional de Desarrollo Industrial (1979), Plan de Fomento a la Industria Eléctrica y la Computación (1980) y el Programa de Fomento para la Manufactura de Sistemas Eléctricos, Cómputo, sus módulos principales y sus equipos periféricos; Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior (1984-1988); Decreto de 1990: Estímulos fiscales a la promoción de la modernización de la industria de la computación; Plan *Fast-track* de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

gobierno federal aporta un marco general de las políticas públicas de aplicación nacional, necesarias para ubicar al país gradualmente como productor internacional en el desarrollo de software, apoyando a su vez iniciativas estatales y municipales por medio de comités creados para tal fin. De esta manera, México va conformando de manera incipiente una industria, cuya historia la hacen todos los días las micro y pequeñas empresas que intentan insertarse en el mercado, las medianas ya insertadas y que se consolidan día a día, así como las pocas corporativas con presencia en el mercado internacional.

Si bien el desarrollo del software se ha dado en los países industrializados, particularmente en los Estados Unidos, como principal productor y consumidor, como ya señaláramos anteriormente, resulta importante destacar y definir el papel de los países de nueva industrialización, protagonistas dinámicos e innovadores en este subsector. Desde la década de los ochenta, como parte del desarrollo de la "división global del trabajo", países como la India, Irlanda e Israel han tenido también un papel sobresaliente. Al mismo tiempo, en el contexto latinoamericano, países como Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica muestran cierto dinamismo al respecto. Estas experiencias se estudian y analizan en el Capítulo II para ubicar a México dentro del contexto internacional y latinoamericano, además de definir los modelos de crecimiento del subsector, en el marco de las nuevas tecnologías de la información y comunicación. Para ello se retoman las definiciones de software brindadas por organismos internacionales, los diferentes rubros relacionados con el tema, la diferenciación del software como producto y como servicio. Asimismo, desde el punto de vista cuantitativo se han establecido los vínculos y las diferencias de crecimiento entre las TIC y la composición y tasas de crecimiento del mercado internacional de software.

Entre los casos exitosos analizados, de países de industrialización reciente, se tomaron como referencia para el estudio países como la India, que de vender sólo trabajo de programación pasó a exportar servicios más complejos y cuya actividad ha dado lugar a uno de los sistemas locales de innovación de alta tecnología más

sofisticada de los países de industrialización tardía. También se consideró Irlanda, por ser uno de los principales países exportadores mundiales de software y servicios informáticos. A su vez, Israel aparece como otro país en donde la industria del software tuvo un desempeño notable durante la década de los noventa y hasta nuestros días, en particular en áreas de seguridad y tecnologías antivirus.

Los países de América Latina que han sido tomados en consideración son Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica, pues han avanzado en la conformación de una industria de software, logrando algunos productores locales una posición destacada en determinados segmentos o nichos (como en el caso de Brasil y Argentina) o se han insertado en el mercado internacional orientando su producción fundamentalmente a las exportaciones, como en el caso de Uruguay y Costa Rica.

Por su parte, México ocupa el lugar 47 del gasto mundial en TIC, lugar que muestra un atraso en ese aspecto (World Economic Forum, 2002). Sin embargo, sus índices de facturación en 1999 fueron importantes y denotaron un crecimiento de 20.3%, respecto del año anterior. En el capítulo III ofrecemos un panorama general sobre la posición de México: el dinamismo que presentó el país durante 2002 en el rubro de desempeño del mercado de infraestructura de TIC, debido a que se llevaron a cabo algunos concursos y adjudicaciones de proyectos (sobre todo del gobierno) que beneficiaron al mercado, a la vez que se destaca la participación de la telefonía local y la telefonía móvil por su importante facturación. Un dato importante en este panorama lo constituye el hecho, de que a pesar de la crisis económica y en particular de la industria electrónica, el subsector de software en México se destaca por ser el de mayor dinamismo dentro de las TIC, con un crecimiento de 12.5% en el 2002 para software en paquete, y de 9% para software a la medida.

En cuanto a las empresas, según datos de Bancomext (2001), a fines de los años noventa operaban en México 257 empresas de programación, de las cuales sólo una tenía más de 1 000 empleados, siete contrataban de 250 a 1 000 trabajadores; ocho, de 100 a 250; 10, de 15 a 100, y 123 tenían menos de 15 empleados. La Asociación Mexicana de Tecnologías Informáticas (Amiti) identificó, en cambio, 206 empresas de software en general para el año 2003.

La producción de software dentro de las propias instalaciones de empresas no especializadas (dedicadas a la distribución, proceso, manufactura, finanzas, servicios, servicios públicos) por medio de la contratación de empleados de desarrollo y planeación fue individualizada, en nuestra investigación considerando los gastos efectuados en nómina y facturación interna de software. Estas cifras presentan en México datos muy superiores al total de software a la medida desarrollado en México por empresas especialista en el sector (4.67% veces superior).

También se muestra en este capítulo un panorama general de la industria del software en México, específicamente del desarrollo de software a la medida, tanto desde el punto de vista de la demanda como de la disponibilidad de la oferta local. Dicha elección está dada por la importancia de los índices de crecimiento recientes y de las proyecciones de este segmento. Al considerar las 30 empresas tomadas como referencia para la investigación, se identificó el número de empleados y segmento de la producción en que se desarrolla software en México, la facturación anual del sector y por empresa, así como el número actual de empleados, técnicos y administrativos. Por último, se señalan las herramientas de desarrollo y las plataformas de software utilizadas en México, así como los principales sectores económicos a los que se destina la producción.

Se aborda posteriormente el concepto de territorio como objetivo para entender la relación que se establece entre la dinámica del tejido productivo (las empresas de software) y su entorno en México. La mayor concentración de empresas se

localiza en el Distrito Federal, que representa poco más de la mitad de las empresas que hay en el país, a la que sigue en cantidad de concentración de empresas la ciudad de Monterrey (Nuevo León). No obstante, existen otros lugares cuya importancia se deriva de otros factores, por ejemplo, el estado de Jalisco, que se presenta como una región favorable para el establecimiento de empresas de software, por sus antecedentes y desarrollo de empresas trasnacionales en la industria electrónica, que gestaron un ambiente propicio. Por su parte, el estado de Aguascalientes coordina por medio de su gobierno e instituciones acciones y políticas que estimulan el desarrollo de esta industria, actividad que no es ajena en estados como Guanajuato, Puebla y Campeche, cuyos rasgos generales se exponen en este capítulo. Estos procesos se identifican como modelos híbridos que no entran en la categoría de *clusters* o tecnopolos, usados para describir realidades similares en otros países, pero que en México, aunque contengan algunos elementos, no se presentan todavía como modelos definidos.

Se revisa además la situación de la piratería en el país así como el programa de gobierno para la industria mexicana del software, base de las políticas públicas para el sector concluyendo con las fortalezas y debilidades que presenta la industria en México.

El capítulo IV identifica los principales elementos que conforman la *producción* de software y las distintas etapas para la gestión de dicha producción. La creciente centralidad de la generación de conocimiento e innovación vinculada a la tecnología de la información y las telecomunicaciones en general, y en la producción de software en particular, encuentra su fiel correlato en las transformaciones llevadas a cabo durante los años ochenta - noventa en las formas de organización de las empresas (su pasaje de una organización fordista a otra posfordista). Describir el contexto y el *management* en que se encuentra la organización de las empresas de software, junto con los procesos de mejora de calidad (principal factor de competitividad de una empresa de software), así como

abordar el estudio sobre las figuras laborales que participan en dicha *producción*, los trabajadores del conocimiento.

El valor del conocimiento y de la innovación en el nivel productivo-económico ha introducido significativas modificaciones en el tipo de relación existente entre niveles de capacitación laboral y los nuevos trabajadores necesarios para estos tipos de producción. Los trabajadores del conocimiento, sus habilidades y características constituyen el modelo de trabajadores que la industria del software involucra en sus organizaciones. Por tanto, para enmarcar bien el contexto, es necesario señalar la importancia del conocimiento en el marco de la producción de software.

La oferta de carreras que las universidades del país tienen para satisfacer la demanda de la industria del software constituye otro de nuestros puntos focales del análisis. Dado que la disponibilidad de una fuerza laboral calificada se encuentra directamente relacionada con las perspectivas de competitividad que necesita el subsector de software, resulta importante conocer el perfil de los trabajadores que demanda la industria y detectar la cantidad de profesionales que la academia ha formado para el subsector, tanto en la licenciatura como en posgrado. Este tema se desarrolla también en el capítulo.

Al final se presentan las conclusiones. El análisis de todas las experiencias internacionales, así como el estudio más sistemático de la situación en México nos permite evaluar, diagnosticar y sostener nuestra tesis, dejando asentados algunos argumentos:

- i) que las TIC continúan siendo el sector más importante de crecimiento en el ámbito internacional;
- ii) que algunos países en vías de industrialización o de industrialización tardía han encontrado, como parte del desarrollo de la división global del

trabajo, un nicho importante para el aumento de sus exportaciones o para la sustitución de sus importaciones;

- iii) en este contexto, la industria del software puede desempeñar un papel importante en México, en el crecimiento tanto de las exportaciones como del mercado interno, aunque en la actualidad el subsector aún sea inmaduro; para lograrlo, será necesario contar con el incentivo de políticas públicas.

Quiero agradecer, en este espacio, de manera muy especial al doctor Alejandro Dabat Latrubesse, coordinador del proyecto de investigación "Globalización, nuevo ciclo industrial y división del trabajo. El sector electrónico informático y la inserción internacional de México", quien me dio la oportunidad de participar en el mismo y poder acceder a la financiación para trabajo de campo por parte de la Dirección General de Apoyo al Personal Académico (DGAPA) UNAM, entidad que a su vez financió el proyecto mencionado. Me interesa también señalar y agradecer que esta tesis no hubiese sido posible sin el estímulo de los profesores que formaron parte del Seminario de Doctorado en el Centro de Estudios Latinoamericanos de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Guadalupe Acevedo, Eduardo Ruiz, Alfonso López, y Adrian Sotelo, con quienes compartí a lo largo de todo este trabajo conocimientos y discusiones acerca del tema, sus lecturas y sus comentarios han constituido un referente fundamental para este proyecto. Me resta expresar mi agradecimiento a la coordinadora del programa de doctorado en Estudios Latinoamericanos Norma De Los Ríos y a la secretaria docente del programa Martha Guzmán. Por otra parte quiero expresar mi agradecimiento a las empresas e instituciones que constituyen los estudios de casos de esta tesis, quienes con gran interés y disponibilidad aceptaron entrevistas, me facilitaron documentos y compartieron experiencias para la realización de este estudio. Finalmente agradezco la atenta lectura y los valiosos comentarios de todos los sinodales de esta tesis. Un último agradecimiento es para Cristina, quien con más esmero y dedicación acompañó este proceso de trabajo y estudio.

# CAPÍTULO I. HISTORIA INTERNACIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE SOFTWARE

## 1.1 Los orígenes de la computación electrónica

Los orígenes de la historia de la computación pueden remontarse hasta las épocas en que el ser humano sintió la necesidad de realizar procedimientos de cálculo. En un proceso de evolución que duró miles de años, se inventaron y perfeccionaron símbolos, métodos y mecanismos que permitieron procesar datos, desde el uso de los dedos de la mano hasta la aparición de instrumentos como el ábaco en la China antigua.

No obstante, a partir del siglo xvii distintos hombres de ciencia, pero principalmente matemáticos, crearon máquinas y aparatos que pueden considerarse los verdaderos precursores de la imponente industria de la computación que existe en la actualidad. Entre ellos, el escocés John Napier (1550-1617) aportó en 1583 un dispositivo mecánico con números impresos que realizaba multiplicaciones y divisiones. Por su parte, Blaise Pascal (1623-1662), de origen francés, inventó una máquina de cálculo que sumaba y restaba mediante palancas y engranajes. Pero fue un alemán, Gottfried Wilhelm Von Leibniz (1646-1716), quién la perfeccionó y propuso un aparato calculador que utilizaba el sistema binario.

Más adelante, en 1801, el mecánico francés Joseph Marie Jacquard (1752-1834) construyó una máquina de tejer ropa que usaba tarjetas de cartón perforadas para determinar el tipo de varillas que procesarían cierto modelo. Este hecho aparentemente inconexo introdujo dos importantes conceptos para el desarrollo de la computadora: la noción de que la información podía codificarse en tarjetas

perforadas, y que los datos almacenados en dichas tarjetas podían actuar como una serie de instrucciones cuando se colocaban juntas.

Otro avance significativo fue el realizado por el matemático inglés Charles P. Babbage (1793-1871), quien en el siglo XIX diseñó una "máquina analítica" que contaría con entrada de datos por medio de tarjetas perforadas, almacén para conservar los datos, unidad aritmética y unidad de salida; desafortunadamente nunca se construyó, debido a que la tecnología de la época era demasiado burda.

Casi al final del siglo, el gobierno estadounidense encargó a Herman Hollerith construir una máquina que agilizará la tabulación del censo de 1890, dado que el conteo levantado diez años antes había tardado siete más en completarse. La aportación de Hollerith consistió en una máquina que utilizaba tarjetas perforadas y funcionaba con electricidad.

En 1944 Howard Aiken, profesor de la Universidad de Harvard, dio el siguiente paso: consiguió de IBM una subvención de 500 000 dólares y, con cuatro ingenieros más, construyó la primera calculadora automática, denominada Mark I, seguida de la II y la III, adaptada para programar y realizar tareas de cálculo mediante dispositivos electromecánicos. Casi al mismo tiempo, John Atanasoff puso a funcionar la máquina ABC, capaz de resolver ecuaciones lineales simultáneas y de volver obsoleta a la Mark I.

Durante la Segunda Guerra Mundial, el ejército de los Estados Unidos financió a J. Presper Eckert y John Mauchly para que desarrollaran la primera computadora electrónica digital, conocida como ENIAC (*Electronic Numerical Integrator Analyser and Computer*, 1945), destinada a realizar cálculos precisos en segundos, con el propósito de aumentar la eficacia de los tiradores estadounidenses en dicho conflicto bélico.

Estos datos permiten señalar que

la historia del ordenador demuestra la continua mejora en las máquinas que sirven en detalle a grupos de uso, puntualizando de una época a otra la introducción de nuevos componentes tecnológicos que no sólo satisfacen la necesidad de un usuario sino que también abren la posibilidad de diseñar máquinas que sirvan a nuevos tipos de usuarios, cuyas necesidades no pueden satisfacerse con la anterior tecnología (Malerba, Nelson *et al.*).

La capacidad de almacenar instrucciones y el uso de la aritmética binaria codificada, introducidos conceptualmente por John Von Neumann en 1945, fueron primordiales para traspasar la barrera entre calculadora y computadora. Posteriormente, con el surgimiento de la EDSAC (*Electronic Delay Storage Automatic Computer*, 1949), la primera computadora electrónica con programa almacenado, se abrió el camino a una nueva etapa: la comercialización de este tipo de máquinas. Hasta ese momento, las computadoras habían permanecido circunscritas a la ciencia, la ingeniería y la industria militar, sin embargo, llegó el momento en que las empresas y el mercado participaran directamente en su producción o como usuarios. Ahora bien, entre los estudiosos hay consenso en cuanto a que la evolución de las computadoras en el ámbito comercial se divide en tres etapas, caracterizadas cada una por el elemento lógico que las distingue.

En primer lugar, aparecieron los tubos de vacío o bulbos, que representaron un considerable avance respecto de las partes electromecánicas, sin embargo, eran demasiado grandes y se calentaban en exceso. Enseguida los reemplazaron los transistores, con la ventaja de ser más pequeños, rápidos y confiables; además, dado que requerían menos cantidad de energía, producían menos calor. Un hito en el auge de la industria en los años sesenta se relaciona con el descubrimiento de los transistores en 1958, lo que permitió reducir el tamaño de las máquinas y desarrollar la minicomputadora, cuyo mercado al principio fue dominado por IBM

La tercera etapa se caracterizó por el circuito integrado, que IBM denominó SLT (*Solid Logic Technology*), cuya principal aportación consistió en almacenar los componentes electrónicos que forman un circuito en pequeñas pastillas que

contienen transistores y otros componentes discretos. Actualmente, las computadoras aún cuentan con un circuito integrado como elemento lógico, pero muestran importantes diferencias en relación con los primeros modelos, como son un menor tamaño y costo, así como mayor rapidez. Otras ventajas sobre las anteriores son la compatibilidad entre diferentes marcas, el uso de lenguajes "amigables" para los usuarios y la fabricación de software especializado.

## 1.2 El software como actividad independiente

No es claro el límite entre software y hardware, por tanto, su historia corre paralela. Cualquier información de procesamiento de datos que pueda ser archivada mediante "instrucciones" también puede serlo por un subsistema de hardware. El hardware comprende todos los componentes físicos (mecánicos, magnéticos, eléctricos y electrónicos, incluidos los elementos periféricos) de una sola computadora o de un sistema de procesadores. Como definición de software se puede decir que es un conjunto de programas y otros elementos con aplicaciones o instrucciones para realizar diferentes trabajos y que deben instalarse en la computadora<sup>7</sup>.

Tecnológicamente, la aparición del software estuvo vinculada a la aparición de la primera computadora almacenadora de programas (*stored-program computer*), la EDVAC creada por Von Neumann en 1944, que dio lugar a una serie de otras computadoras más desarrolladas de ese tipo. Pero el software de estas primeras computadoras, estuvo, en su producción y utilización, completamente subordinado a una determinada máquina (*tied software*), por lo que las primeras formas estandarizadas de software tuvieron que esperar hasta el surgimiento de una computadora de uso relativamente masivo, la IBM 650, que creó una "plataforma genérica" para el desarrollo del mismo (Mowery y Rosemberg, pags.136-140).

---

<sup>7</sup> Ampliamos la definición de software en el capítulo II, apartado 2.1

La historia de la industria del software, de acuerdo con su evolución puede dividirse en cuatro grandes períodos:

1er período: 1945-1965. En este período puede considerarse el arranque de la producción de software básico como actividad complementaria de la producción de máquinas específicas (distintos tipos de *Mainframes*), llevadas a cabo por empresas verticalmente integradas como IBM. También es en este período cuando aparece un mercado incipiente de servicios independientes de adaptación para los usuarios (o software a medida<sup>8</sup>).

Dadas estas consideraciones, el nacimiento del software se puede ubicar

junto con el de la primera computadora electrónica en Estados Unidos —país que hasta hoy conserva el liderazgo en la producción— en 1940; y fue durante la Segunda Guerra Mundial, madre de todas las tecnologías, cuando mostró su potencial en el diseño de aviones, misiles y la decodificación de mensajes en clave del enemigo (Steimueller, citado por Salomón, 2002).

Los primeros proyectos fueron dirigidos y financiados fundamentalmente por el gobierno de los Estados Unidos y dedicados a temas científicos, bélicos y tecnológicos. Un ejemplo de ello es el proyecto de defensa aérea SAGE (*Semi-Automatic Ground Environment*), llevado a cabo de 1949 a 1962, por iniciativa de la fuerza aérea norteamericana, en colaboración con el laboratorio Lincoln del Massachusetts Institute of Technology (MIT),<sup>9</sup> y en el que se emplearon 700 de los 1 200 programadores que en esa época había en dicho país. Investigaciones de

---

<sup>8</sup> Los tipos de software y sus características son abordados en el capítulo II inciso 2.2

<sup>9</sup> Al respecto, es indispensable mencionar el papel clave que el MIT ha tenido en la producción de hardware y software que ha revolucionado la información. Por ejemplo, la elaboración del "primer sistema operativo (1956), el primer software en lenguaje para ingenieros (1962), Ethernet (1973), la nueva implantación de protocolos para PC (1982), la encriptación probabilística (1982), la World Wide Web (1989), la formación del World Wide Web Consortium (1995) o los instrumentos para construir comunidades virtuales *online* (1998)" (Lucas Marín, 2000, p. 49). También participó en ARPANET desde 1958, el cual se considera precursor del actual Internet, cuyo proyecto dio inicio en 1969.

este tipo fueron determinantes en el posterior liderazgo estadounidense en el sector.

Pero los primeros pasos de la producción de software como actividad comercial independiente se destaca con el surgimiento de la primera generación de computadoras comerciales a principios de los años cincuenta, con Univac I, una máquina diseñada por Ecker y Mauchly para Remington Rand e IBM; lo cual propició paulatinamente la construcción de un mercado para servicios de software.

En 1955, como respuesta a la demanda del creciente grupo de usuarios de computadoras que no contaban con recursos o capacidades tecnológicas para producirlo, nació CUC (*Computer Usage Company*), la primera empresa de software independiente. Hasta entonces, los fabricantes de hardware elaboraban y distribuían de manera gratuita todos los programas de computación; incluso, los usuarios de IBM, USE y la asociación SHARE (compartir, en español) intercambiaban programas e información (Hoch *et al.*, 1999). De hecho, la IBM apoyó la formación de grupos de usuarios como SHARE, que fueran propicios al cambio de rutinas de software, lo que a la larga permitió la introducción de la IBM 704 en 1955 y acumuló una librería de 300 programas (Steinmueller, citado por Mowery, en preparación). Con esto se inició lo que se denomina como la "era de los servicios profesionales", es decir, el periodo en que se desarrolla software altamente especializado y adaptado a las necesidades de cada cliente.

Aunque las primeras formas de empresas de este tipo se vislumbraban desde 1949, no fue sino hasta 1959 cuando ingresó al vocabulario la dicción "software". Sin embargo, no tardó en presentarse el *boom* de esta industria, suscitado por el crecimiento exponencial de computadoras hacia fines de 1960. Entonces las grandes compañías estadounidenses aumentaron a escala su software, utilizando procesadores capaces y haciendo mejoras sustanciales en aparatos periféricos, como las impresoras y las unidades de disco. Europa, por su parte, no se integraría a la producción sino hasta mucho tiempo después.

Entre 1959 y 1969 se multiplicaron las primeras empresas productoras de software, las cuales lo fabricaban y lo integraban gratuitamente al hardware. No obstante, en 1964 la compañía ADR se convirtió en la primera empresa que desarrolló y comercializó por su cuenta un producto de software a petición de la fábrica de computadoras RCA, y de este modo se ubicó como competidora directa de IBM, que en ese entonces ofrecía un programa similar en forma gratuita junto con su hardware y que sólo hasta 1969 vendió un programa separado de la computadora.

Los primeros pasos en la separación del programa y el equipo se dieron al crearse los lenguajes de programación de alta especialización: el Fortran (Fórmula Traductora), en 1957, y el Cobol (*Common Business Oriental Language*), en 1960 (*Idem.*).

Fortran fue utilizado para rangos abiertos de aplicaciones, la contabilidad y otros usos de negocios. En 1962 IBM proporcionó Cobol en varios de sus modelos 1401. Mientras que Fortran tuvo su mayor auge en 1965, Cobol continuó creciendo y en 1975 representó cerca de 50% del software usado.

Una de las compañías manufactureras, la Computer Sciences Corporation (CSC), creada en 1959 en los Estados Unidos, creció mucho en los años sesenta y reflejó el desarrollo de los paquetes de software para su uso en contabilidad, cálculo de impuestos, préstamos comerciales y sistemas operativos. Ese mismo año se terminó de construir el ERMA (*Electronic Recording Method of Accounting*), fabricado por General Electric con respaldo de la Universidad de Stanford.

2do período: 1965-1978 Este segundo período se caracteriza por la constitución de una incipiente industria independiente de software básico (sistemas operativos y aplicaciones) como actividad desgajada de la producción de computadoras,

posibilitada por la aparición de las mini-computadoras. También en este período se ubica el movimiento del software libre<sup>10</sup>.

En 1965, Digital Equipment Corporation (DEC) marcó nuevos derroteros con la introducción de PDP-8, más barata y rápida, que extendió la aplicación del control en "tiempo real". Por su parte, en 1967 Informatics introdujo al mercado una base de datos, Mark IV, para competir contra el "sistema de recuperación generalizada" de IBM. Durante el quinquenio de 1965 a 1970, en los Estados Unidos se inició el desarrollo de la industria del software independiente, que tuvo la oportunidad de comerciar sus insumos entre usuarios diversos. Entre 1969 y 1981 se consolidó en el mercado el modelo de producción de software independiente de la producción de hardware.

También por estos años se multiplicaron las compañías desarrolladoras de soluciones para las empresas, en la modalidad de "agencias de servicios", entre cuyas precursoras se encuentra la Automatic Data Processing (ADP), nacida en 1949. Este tipo de agencias fueron opciones competitivas en la venta de hardware y software, y a él pertenecen grandes compañías europeas como la SEMA (francesa) y la CAP (inglesa).

Los desarrollos ocurridos a partir del período 1965-1970, incluido el éxito de IBM con System 360 (que unificó el software del sistema operativo de su línea de productos), y la decisión de esta compañía de suplir el software empaquetado de sus computadoras incrementaron el mercado para las ventas de software de multiinstalación.

A inicios de la década de los setenta, el número de empresas de software en los Estados Unidos variaba entre 1 500 y 2 000, fragmentación que impulsó el desarrollo de grandes compañías como Computer Sciences Corporation (CSC),

---

<sup>10</sup> El surgimiento y las características de este movimiento se describen en el párrafo 1.3 de este capítulo.

McDonell Douglas, ADP y EDS. En 1971 IBM introdujo el System 370 con la novedad del disco duro (el disco de almacenamiento 3330), extendiendo la capacidad del procesador de datos centralizado. Un año después se inició el funcionamiento del correo electrónico (*e-mail*).

Al fundarse en 1972, con la intención de elaborar un software estandarizado capaz de controlar las distintas fases del proceso de negocios, la alemana SAP (una de las pioneras que aún impera en el área de desarrollo de soluciones) abrió el camino a los llamados *start ups*, conocidos hoy en día como Enterprise Resources Planning (ERP). Cinco años después surgió Oracle y al año siguiente Baan.

La empresa que diseñó la primera computadora personal de la historia fue Apple. En 1977 introdujo en el mercado la Apple II, equipada con un microprocesador 6502, una pantalla de alta resolución que permite visualizar colores y una gran biblioteca de programas, lo que le dio el primer sitio en popularidad y ventas, que sin embargo no se vio reflejado en su crecimiento.

En 1975 empezaron a proliferar en varias ciudades estadounidenses los Homebrew Computer Clubs, formados por aficionados a la computación, entre los que se contaban Steve Jobs y Wozmak, creadores de la línea Apple. Se calcula que ese año había unas 200 000 computadoras en todo el mundo y unas 350 000 al final de la década.

3er período: 1978-1993. Este período se caracteriza por varios factores: a) por el desarrollo del software empaquetado a partir de la difusión de la computadora personal (arquitectura PC de IBM); b) por el fin de la integración vertical de la industria de la computación; c) por la aparición de un sistema operativo comercial dominante (MS2-Windows) y; d) por la rápida diversificación del software de aplicación basada en dicho sistema operativo. A su vez continúa el desarrollo paralelo de software libre de código abierto.

Hacia 1982, los productores de software se incrementaron más de 33%. Esta década fue muy compleja en la industria de la computación: por un lado, las máquinas se transformaron en bienes de uso individual generalizado, y, por otro el retiro de las compañías fabricantes de computadoras (salvo IBM) de la producción de software y servicios. El valor agregado se concentró sobre todo en el software, más que en la plataforma que lo sostiene (el hardware), y se volvió consumo de masa destinado a personas no expertas en informática, brindando prestaciones convencionales, generalizadas y útiles para todos. También empezaron a desarrollarse y difundirse miles de programadores por el mundo en verdaderas fábricas de software, junto con miles de hombres dedicados al *marketing* o mercadotecnia, capaces de difundir el nuevo descubrimiento. El software propietario aparecía, de este modo, como una elección obligada para todos. Por ello, en 1991 Unisys (anteriormente Sperry y Burroughs), NCR (hoy una división de AT&T) y Hewlett-Packard<sup>11</sup> vieron reducidos sus ingresos por concepto de software y servicios a los niveles alcanzados diez años antes. Estos datos permiten explicar el crecimiento experimentado en ese tiempo de la industria del software independiente.

La estación de trabajo, introducida por Apollo en 1981 y por Sun Microsystems en 1982, fue el paso intermedio entre las PC y las minicomputadoras. El mayor logro de las compañías productoras de estaciones de trabajo consistió en realizar una estrategia corporativa basada en estándares "abiertos" que contemplaban el uso de UNIX, un sistema operativo multiusuario y multitarea orientado hacia aplicaciones científicas y de ingeniería, lanzado por los laboratorios Bell, que posteriormente se orientó hacia el mercado corporativo, cuando AT&T entregó el sistema a las instituciones educativas a cambio de un valor nominal. Esto propició que tanto los fabricantes de hardware, tales como IBM y HP, y los de software

---

<sup>11</sup> William Hewlett y David Packard fundaron en 1938 la primera gran empresa tecnológica en Silicon Valley, California, una zona especializada en la producción de nuevas tecnologías. Ambos pioneros de esta industria egresaron de la Universidad de Stanford, un centro educativo que ha resultado decisivo en el desarrollo computacional, pues entre sus alumnos se cuentan, además, los fundadores de Silicon Graphics (creadores de Netscape), Sun Microsystems, 3Com, Netscape, Yahoo y Cisco System (Lucas Marín, 2000).

(SCO) desarrollaran sus propias versiones de UNIX, hecho que originó la expansión del sistema durante la década de los ochenta.

La computadora personal (PC) de los años ochenta no tenía la capacidad de suplir a las grandes computadoras, por lo que las empresas se vieron obligadas a mejorar sus ofertas y proveer programación y servicios computacionales; en 1991, 13 compañías de integración de sistemas estaban concentradas en las clasificaciones de Datamation 100, las más grandes empresas de procesamiento de datos en los Estados Unidos.

Además, la revolución de las microcomputadoras en la década de los ochenta aceleró el crecimiento de las ventas de software, que en 1988 era de 50% y en 1993 llegó a 75 por ciento. En 1984 la base instalada de computadoras grandes y medianas en los Estados Unidos no llegaba a 200 000, mientras que se construyeron 1.9 millones de microcomputadoras y el número de usuarios alcanzó la cifra de 23 millones. Todo ello potenció la industria del software. Entonces se dio la aparición simultánea de empresas dedicadas únicamente a su producción, tales como Microsoft —la más importante en la actualidad—, Lotus, Word Perfect, Ashton-Tate y Borland, entre otras (Cantarell y González, 2001). Esta revolución trajo consigo una nueva tipología para la PC, conocida como "software empaquetado", destinada al consumo masivo. Por otra parte, se desarrollaron hojas de cálculo como la Lotus 1-2-3 y numerosas aplicaciones específicas escritas para Base II, III, IV, producida por Ashton-Tate. La primera aplicación de este tipo fue la planilla de cálculo VisiCalc, lanzada en 1979 para la computadora Apple.

Pero la aparición de las computadoras personales, introducidas por IBM en agosto de 1981, provocó que esta industria y la economía en su conjunto se hicieran dinámicas. IBM solicitó a la empresa Microsoft, creada por Bill Gates y Paul Allen, el desarrollo de un sistema operativo para su nueva línea de computadoras personales. Microsoft compró el sistema operativo a una pequeña firma llamada

Seattle Computer Products por 50 000 dólares, lo adaptó y desarrolló MS\_DOS (Hoch *et al.*, 1999), que con el tiempo se convirtió en líder en el mercado, junto con Windows, que apareció en 1990. Asimismo, Gates y Allen desarrollaron la versión Basic (*Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code*) para Altair. A partir de ese momento, Microsoft no ha cesado de producir nuevas versiones, transformándose en la empresa dominante del mercado, con el sistema operativo más popular de la historia de la computación: el MS\_DOS.

En 1983, se creó Novell, una empresa que inauguró la era de las redes de los ordenadores en 1989, cuando presentó un *sistema de red local multi thread*, compatible con los principales sistemas operativos: OS/2 de IBM, Unix, Macintosh de la Apple. También Intuit fue considerada un hallazgo de la época: en 1984 lanzó Quicken, un software para la contabilidad personal, de gran éxito, que aún se encuentra en el mercado.

En general, la década de los ochenta fue un periodo que registró un gran crecimiento en la industria del software, casi de 20% anual. Los ingresos de las empresas en los Estados Unidos crecieron a un ritmo diez veces mayor respecto que el de 1979. Otros descubrimientos y procesos incidieron en este auge. El aumento de computadoras personales y la aparición del software generó la creación de los discos flexibles. En 1984 Kodak inició la producción de discos de 5¼ pulgadas. También incursionaron en esta empresa NCR y Control Data, que fabricaba la marca Storage Master. En 1985 Lotus, Microsoft y Ashton-Tate informaron que abarcaban 35% del mercado de software. Posteriormente, esta última desapareció al fusionarse con Borland, y Novell adquirió Word Perfect. En cuanto a los procesadores de texto, Word Perfect desplazó a WordStar pero, en cambio, sucumbió ante Microsoft Word.

Compaq e IBM introdujeron en esta década el nuevo MS-DOS (*Microsoft Disk Operating System*) en el microprocesador Intel IAPX 386, también llamado 80386), que junto con la gran capacidad de su disco duro permitió la creación de muchos

más productos de software complejo para las PC, incluido Microsoft Windows; entre éstos, quizás el desarrollo más importante de los avances en la tecnología de impresión: la impresora láser Canon, empleada por Apple y Hewlett-Packard, que proporcionaba una resolución de 300 puntos por pulgada.

Pero también en este período, y a raíz de intereses diversos entre los dirigentes de la IBM y Gates se produjo una ruptura entre ambos. Si bien Gates había participado al desarrollo del sistema operativo OS/2 para la IBM, en 1981 ya había comenzado a desarrollar su sistema operativo Windows. "La Microsoft ambicionada ser la sociedad que habría establecido los estándares para el software, y para lograrlo, tenía la necesidad de tratar de la misma manera todas las plataformas hardware" (Ferguson y Morris, p. 79, citado por Chandler, p. 192). La IBM, en cambio, apuntaba hacia la supremacía del hardware, lo cual favorecía sus ambiciones pero no la de Microsoft", comentan los mismos autores. En 1990, seis meses después que la Microsoft había presentado en mayo su Windows 3.0, y después de varias tratativas con IBM que no llegaron a buen puerto, Gates rompe sus relaciones con la IBM. El sistema operativo OS/2 había salido a la venta en 1987, y no fue tan bien recibido. En 1990 contaba tan sólo con el 1% de la base instalada en los sistemas operativos. Era claramente un fracaso que abrió las puertas al suceso de Window 3.0, el cual tuvo un éxito inmediato. Gates había logrado su objetivo. Windows surgió como estándar mundial para el software de la PC. Este era sólo el inicio de lo que convertirá a Microsoft en un monopolio de las empresas de software en el mundo.

El sistema operativo Windows se convirtió en el líder de los productos del mercado, garantizándole a Microsoft ganancias tan significativas que le permitieron reforzar aun más su posición en los mercados del software para PC. Posteriormente, con Windows Nt, Microsoft entrará en el mercado de software para grandes empresas.

En paralelo, IBM produjo nuevos productos de software aplicado, de manera conjunta con Adobe, Autodesk, Corel, Intuit, Lotus y Novell. Estas empresas sustentaron su fortaleza en la "portabilidad" de sus productos sobre la gran base instalada por diferentes compañías (IBM y fabricantes de computadoras compatibles como Compaq, Hewlett Packard, etc.); además, alentaron a los usuarios a adquirir productos compatibles con las plataformas de hardware y los sistemas operativos más difundidos.

No sólo la industria del software se vería favorecida con la red Internet, sino toda la industria de la electrónica y las telecomunicaciones, que acabarán conformando el núcleo de la actual convergencia industrial tecnológica que convive, como no había sucedido en la historia de la industria del software, con una serie de plataformas, lenguajes y programas gestionados paralelamente: MVS y OS/390, Unix, Nt y Windows, Microsoft. Esto permite que diversas empresas de software puedan ofrecer sus propios productos para usarse en plataformas diversas.

Hacia finales de los años ochenta se contaba con miles de programas para usos especializados y docenas de productos de software para aplicaciones más generales. De nuevo la adopción de instrumentos cada vez más eficientes, los LSI (*Large Scale Integrated Circuit*), representó el avance técnico más importante para ampliar la capacidad de las computadoras y reducir sus dimensiones y precios.

En esa misma época, la industria en los Estados Unidos se abocó a desarrollar avances respecto de los sistemas de información y de optimizar la relación de las computadoras personales dentro de las redes de trabajo extensivas, por ejemplo, con el correo electrónico (*e-mail*), las transferencias de archivos y otras aplicaciones del software. Este crecimiento en la capacidad de las redes marcó a la industria estadounidense en la década de los noventa. El sistema operativo de la red de trabajo fue creado por Novell.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los últimos años de la década de los ochenta se caracterizaron por el desarrollo de Internet red global, que dio paso a una nueva era, dada su extensión y características. En un momento en que el mercado de software enfrentaba fuertes competencias debido a plataformas diversas, las nuevas oportunidades que ofreció la web constituirían otra de las tendencias significativas en el mercado.

4to período 1993-presente. El advenimiento de Internet y el desarrollo de un nuevo software básico de red y la WWW, con nuevas tecnologías básicas como la HTML, que opera a partir de todo tipo de plataforma, han vuelto a revolucionar la industria del software. "Internet implica los estándares de comunicación TPC/IP y el software HTML (*hypertext markup language*), lo cual permite la comunicación entre computadoras y un lenguaje común entre ellas, independientemente de los sistemas operativos y programas de aplicación instalados. Por consiguiente, el WWW convierte a Internet en un disco duro gigante, que plantea la posibilidad del desarrollo de software de aplicación en Internet, con lo que ésta tendería a convertirse en un procesador gigante (BusinessWeek, 04-12-1995, citado por Dabat, Ordoñez, 2003).

Los programas que proporcionan servicios de aplicación desde Internet, disminuyen sustancialmente los costos de producción, reproducción y distribución del software, puesto que lo que se vende no es el programa en sí mismo, sino también su uso (o servicio) en líneas.

La compañía con mayor influencia en el inicio de la era de Internet fue Netscape. Fundada en 1994, creció con gran rapidez: 16 meses después ya cotizaba en la bolsa y empleaba a 2 000 personas. La historia de esta empresa representa, asimismo, el principio de un nuevo período en la industria del software. La tecnología Internet y los *browser* gráficos, fáciles de usar, han permitido aplicaciones radicalmente nuevas y oportunidad para los servicios.

A partir de este proceso comenzaron a brotar empresas casi todos los días, a las que el comercio electrónico permitió ganar un espacio inédito en el mercado. En este contexto nacen Broadvision, Icar, Intershop Communications, Open Market y Comerse Wave. Las empresas jóvenes que ofrecían servicios profesionales también supieron aprovechar la coyuntura.

La aparición en la década de los noventa de los VLSI, circuitos integrados a gran escala, aumentó aun más la capacidad y velocidad para manejar información. Entre 1995 y 1999 se lanzó al mercado la serie de Pentium. En este decenio el software sobrepasó en importancia al hardware, dándole un valor agregado a las máquinas.

Con el auge de las computadoras, los servicios de información y los sistemas electrónicos programables, los productores de software independiente y los vendedores de software como bienes finales han tenido gran éxito; en efecto, los videojuegos y otros productos considerados de "entretenimiento", como la música o los videos, han sido muy populares gracias a la gran difusión del término "multimedia", que se refiere a los híbridos de video, sonido y software.

En consecuencia, de acuerdo con lo expuesto, la nueva tendencia en el desarrollo de la industria del software parece proporcionar una nueva base tecnológica sustentada en el software de aplicación a partir de la red, lo que podría aplicarse fraccionadamente para funciones específicas y requeriría de poco en el hardware.

### **1.3 La otra historia: el software libre**

Un movimiento conformado por un grupo de profesores, estudiantes y trabajadores universitarios que, unidos por intereses comunes y características similares, como la rebeldía y la creatividad, asumieron los propósitos de socializar la comunicación, hacer accesible el uso de la computadora y crear un software libre. En su evolución destacan significativamente el papel y el protagonismo de organizaciones civiles (a través de fundaciones o asociaciones), universidades,

particulares aficionados, programadores independientes e incluso voluntarios que contribuyeron, y aún lo hacen, a la creación, experimentación y producción de software.

Con el tiempo, la globalización se hizo presente en esta actividad pública, al vincular las transformaciones en la organización social, económica y cultural con los cambios en las tecnologías de información y comunicación (TIC) que desembocaron en la revolución tecnológica. Las nuevas relaciones sociales que se crearon en estos espacios virtuales, a través de redes electrónicas, grupos de discusión, comunicación mediatizada por computadoras y herramientas proporcionadas por las TIC, configuraron un espacio público con nuevas características y oportunidades que permitieron el desarrollo del movimiento del software libre (Mochi Alemán, 2001).

Los inicios de este movimiento se ubican en Albuquerque, Estados Unidos, en 1974, cuando Ed Robert, director de Model Instrumentation Telemetry Systems (MITS), una empresa dedicada a la producción de calculadoras y relojes digitales, introdujo un cambio que innovó la industria de la computación: montó alrededor de un chip 8080 un sistema de conexión con memoria y puertas de ingreso y salida, de manera que funcionaba como una pequeña computadora del tamaño de un radio de transistores; su creador la denominó Altair.

Con esta adaptación, la computadora se transformó en un bien de consumo masivo, sin embargo, los profesores y estudiantes universitarios involucrados en este movimiento se percataron de la limitación de Altair: carecía de software. Entre ellos estaban Bill Gates y Paul Allen, quienes propusieron a la empresa MITS adecuar para su máquina el lenguaje Basic (*Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code*), cuyos autores, dos profesores de la Universidad de Dartmouth, nunca hicieron valer sus derechos patrimoniales sobre el programa y consentían que cualquier usuario dispusiera de él y lo modificara gratuitamente.

En seis semanas Gates y Allen adaptaron el lenguaje Basic para Altair, lo privatizaron y comercializaron, transformando la industria del software. Los integrantes del movimiento del software libre consideraron que el software vendido por Gates era un bien público, por lo que debía ser de libre circulación, como el resto, pero Gates arguyó que sin una adecuada remuneración nadie podría producir más software profesional y denunció como piratas a quienes utilizaron su adaptación del lenguaje Basic; con ello sentó las bases de la que sería la más boyante empresa generadora de software propietario: Microsoft. No obstante, el movimiento libertario prosiguió con la difusión de la idea de que el software era un bien común, de circulación libre y gratuita.

Antes de que Microsoft se erigiera como la firma más afamada, Richard Stallman, programador del Massachusetts Institute of Technology (MIT), fundó la Free Software Foundation en 1984. Él consideraba que mantener en secreto el código fuente era "un pecado y un crimen contra la humanidad", e incluso redactó un manifiesto como reacción a la tendencia de las empresas privadas a mantener en secreto el código.

Cabe recordar que en los inicios del desarrollo del software las computadoras sólo procesaban un código binario (denominado técnicamente código-máquina); después utilizaron lenguajes de "alto nivel", que facilitaron la tarea de escribirlos y convertirlos a código-máquina por medio de "compiladores". Para comprender mejor a los partidarios del software libre es preciso decir que lo escrito por el programador se denomina "código fuente" y el resultado de la conversión a lenguaje-máquina se llama "código-objeto", "binarios" o "ficheros ejecutables". El software libre se basa en la idea de compartir el código fuente del software y distribuirlo por Internet.

El software de código abierto navega por Internet controlado por licencias como GNU (*General Public License-GPL*), que permiten a los usuarios modificar el programa y distribuir sus propias versiones, pero fundamentalmente obliga a

compartir el código fuente. El éxito del software libre se debe en su mayor parte a Internet, porque permite que las personas interesadas en sus componentes se pongan en contacto entre sí, actuando como un catalizador que acelera el desarrollo y sintetiza el conocimiento en áreas muy específicas.

El software libre (*Free Software*) también se conoce como software de fuentes abiertas (*Open Source Software*). Sus aplicaciones más populares son los sistemas operativos Linux, OpenBSD, FreeBSD (de Berkeley Software Distribution), MIT ExoKernel, FreeDOS, el servidor Web Apache, la base de datos Postgress, el navegador Mozilla; la suite de aplicaciones de productividad personales de GNOME y la suite de compiladores GCC.

El modelo de desarrollo y distribución de software creado cooperativamente se caracteriza porque todo el mundo tiene derecho a acceder a él, a su diseño y a aprender de él gratuitamente; incluso si tiene limitaciones o es inadecuado para una tarea, se puede adaptar a necesidades específicas y redistribuirlo. Por estas particularidades resulta vigoroso y diverso, y muy eficiente para resolver muchas tareas o problemas.

Entre las distintas motivaciones que impulsan a los desarrolladores a trabajar en esta modalidad están el deseo de crear un software más fuerte, la posibilidad de dominar el software (algo de suma importancia para aplicaciones de misión crítica en las que es imperativo tener un control absoluto sobre posibles problemas en cualquier punto), crear aplicaciones de bajo costo o reutilizar el conocimiento sintetizado en el software en vez de empezar cada vez desde cero.

Esto ha propiciado la creación de sistemas de cómputo que compiten en casi todos los niveles con los sistemas propietarios, aunque desestiman los sistemas de *marketing* y por lo general son esfuerzos ignorados por el público. Sin embargo, el uso de sistemas libres en ambientes educativos, de investigación o

corporativos ha crecido impresionantemente; el software libre es utilizado tanto en sistemas de escritorio como en servidores.

Para los partidarios del software libre este ofrece estabilidad y confiabilidad, debido a que cuenta con actualizaciones y auditorías frecuentes del código (por ejemplo, hay una menor cantidad de errores de seguridad descubiertos en los sistemas Linux y menor tiempo de actualización), además de procesos de instalación sencillos e implementación de estándares abiertos, lo que no sucede en el caso del software propietario.

Dentro del software libre el sistema operativo más conocido es el sistema Linux se remonta a un proyecto de aficionados inspirado en Minix, un pequeño UNIX desarrollado por Andy Tanenbaum como un sistema operativo libre, enriquecido colectivamente por miles de programadores en todo el mundo hacia 1991, y cuya evolución pasó de ser un proyecto de dos personas a un sistema empleado por millones en todo el mundo.

Linux es un *kernel* (núcleo de un sistema operativo) creado por el finlandés Linus Torvalds (1969), egresado de la Universidad de Helsinki, quien desarrolló este programa para disponer de un SO UNIX en su PC y aceptó compartir su código para que cualquiera pudiera usarlo y contribuir a su desarrollo.

Dado que en el proyecto GNU (*Gnu is not Unix*) emanado de la Free Software Foundation ya se habían desarrollado bastantes herramientas para UNIX con la misma filosofía de software libre, pronto se consiguió un SO Linux/GNU totalmente libre, con las ventajas de ser multiusuario, multitarea, multiprocesador, multiplataforma y multilingüe. El aumento de sus usuarios continúa siendo exponencial y en la actualidad se empieza a considerar como una alternativa a los SO de Microsoft. Linux ofrece cada vez entornos más intuitivos para su utilización, como resultado de su acercamiento progresivo a los usuarios de los gobiernos, de la industria, así como a los domésticos, académicos e investigadores.

Partiendo de los casos de éxito que ha tenido el uso del software libre en los gobiernos de países como Alemania o España, y del esfuerzo que están haciendo otras naciones como Perú, en la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (ALDF) en México, se prepara una propuesta de iniciativa de ley sobre el uso del software libre. Si bien, de momento, la propuesta se concentra en el DF, no se descarta la idea de que pueda llevarse al plano nacional, según declaraciones del presidente de la Comisión de Ciencia, Tecnología e Informática de la ALDF. La intención es crear una ley que obligue al gobierno (ya sea local o nacional) a utilizar el software libre, salvo en los programas o sistemas que no estén suficientemente avanzados, en cuyos casos se recurrirá al software propietario ([www.modules.backend.php](http://www.modules.backend.php)). El proyecto ha recibido asesoría por parte del Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav), del Instituto Politécnico Nacional, del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), de la Dirección de Informática y la Secretaría de Economía del gobierno local, del INEGI, de especialistas programadores y expertos en innovación tecnológica.

Aunque no contamos todavía con estudios académicos que nos den cuenta de experiencias sobre el uso del software libre por gobiernos, son muchos los países a nivel federal, estatal y local que lo están considerando como oportunidad debido a los ahorros que se generarían por las licencias y por las ventajas en el ahorro en equipos, toda vez que por los requerimientos del software licenciado, es necesario cambiar casi el 65% de toda la base instalada en las oficinas.

Según algunos autores (Moody Glyn, 2002; Williams Sam, 2003) cualquier habitante del planeta puede acceder a Linux y desarrollar nuevos módulos o cambiarlo a su antojo para perfeccionar el núcleo, el cual no utiliza ni una sola línea del código de AT&T o de cualquier otra fuente de propiedad comercial, y buena parte del software para Linux se desarrolla de acuerdo con las reglas del proyecto de GNU de la Free Software Foundation, con sede en Cambridge, Massachusetts. Este programa no persigue intereses económicos, los monopolios de software podrían terminar con su utilización, aunque se trata de un sistema

operativo que es cualitativamente superior a muchos sistemas por su estabilidad, manejo, seguridad y efectividad.

Con Linux es posible alcanzar resultados ideales y profesionales, ya sea dentro de las redes, Internet, bancos de datos, animaciones de tercera dimensión, digitalización de videos, etc. El elemento más importante de los últimos años no radica tanto en la creación de empresas para el software libre sino en la utilización del mismo por parte de empresas tradicionales de la informática tales como IBM, Cisco, Oracle, Sun Microsystems. IBM inauguró en el 2001 la *Open Source Development Lab*, una agencia *non profit*, que tiene como objetivo desarrollar investigaciones en torno al software libre. Esta estrategia de IBM coincide con el desarrollo de software y servicios para la gestión de actividades empresariales fundadas en la web (*business to business*, data base, etc.). A su vez ORACLE, la empresa mundial que domina el importante mercado de los DBMS (*Data Base Management Systems*) o sea los sistemas de software para la gestión de archivos de datos, especula en estos últimos años con hacer girar su DBMS de manera libre y gratuita. También Intel, el más importante productor mundial de microcircuitos en general y de los microprocesadores en particular, junto con otras empresas prevalentemente productoras de hardware, como Hewlett Packard, Dell Computer y NEC, constituyeron recientemente un consorcio de amigos de Linux. En los últimos meses al mismo consorcio han adherido seis nuevos socios: Computer Associates Internacional, Fujitsu, Hitachi Covalent, Mitsubischi Electric y Miracle Linux, que junto con las empresas promotoras han invertido más de 24 millones de dólares en crear el laboratorio mencionado, de mil metros cuadrados instalado en la provincia de Pórtland en Oregón. Este laboratorio está dotado de un server y elaboradores de franja alta, el cual consiente aplicar módulos de software para Linux y programas aplicativos para el mismo sistema operativo, dirigido a sistemas informativos para empresas cada vez más complejas.

Los paquetes recientes de Linux son Start División de Sunset, Netscape Communicator, Gimp, Image Magick para realizar gráficos, Apache Server para

redes e Internet. La actual generación de las distribuciones del programa cuenta con el GNOME o KDE para ambiente gráfico; se instala como cualquier otro sistema operativo, reconoce vía Plug & Play los diferentes componentes como tarjeta gráfica, tarjeta de sonido, módem, impresora, CD-Rom, etcétera.

Por otra parte, cada archivo de Linux tiene definida su seguridad para dueño, grupo, etc., y cuenta con permisos de lectura, escritura y ejecución. Una vez familiarizado con dicho sistema, presenta gran flexibilidad. Opera con la característica del SUID bit, que permite ejecutar un archivo con la identidad de un usuario determinado distinto del que lo ejecuta. Aunque admite la conexión simultánea de diferentes usuarios, mantiene separados los recursos que cada uno ocupa.

Otra de las ventajas de Linux como software libre es que no transcurren más de dos horas desde que se detecta un error hasta que es corregido y además se publica, lo que hace que las repercusiones de cualquier problema de seguridad se minimicen. Desde 1996, cuando fue liberado el kernel 2.0.0, se produjeron 38 revisiones a éste. El kernel 2.2.0 fue liberado a principios de marzo de 1999, y hacia finales de 1999 ya iba en su decimosegunda revisión (Moody Glyn, 2002; Williams Sam, 2003).

Eric S. Raymond, en su clásico artículo "La catedral y el bazar" (1997), explicó la diferencia entre el software propietario y el software libre. Para Raymond, el mundo del software libre es como un bazar, con muchos comerciantes diferentes que ofrecen sus mercancías. El modelo de software propietario corresponde al "modelo catedral", rigidamente ordenado y jerarquizado, estructurado como los sindicatos religiosos que construyeron las catedrales medievales, sometidas a la dirección de jerarquías sacerdotales, que aprovechaban la riqueza de la ciudad para construir el proyecto de un solo arquitecto. A juicio de Raymond, el modelo bazar es mucho más eficaz y produce un software de mayor calidad con menores gastos.

Si bien es cierto que la metáfora de Raymond tuvo mucha difusión y que sus imágenes tenían tal plasticidad que muchos terminaron dividiendo el mundo en catedrales y bazares, en realidad las dos figuras están bastantes mezcladas. Por ejemplo, el modelo catedral no sólo corresponde a la industria del software propietario, sino a algunos grandes desarrollos libres avalados por la Free Software Foundation (FSF).

Incluso, algunos críticos de Raymond consideraron desafortunado el nombre de "catedral" para describir el fenómeno, pues la construcción de catedrales góticas se debía a los *compagnons*, que eran colectivos nómadas e itinerantes compuestos por albañiles, carpinteros, herreros, etc., que las construían aquí y allá, diseminando las obras, sin división entre trabajo manual e intelectual, con una planificación y construcción descentralizada y autónoma. Hubiese sido más correcto denominar "modelo pirámide" o "modelo rascacielos" al modelo jerárquico y planificado que describe Raymond en su artículo ([www.sindominio.net](http://www.sindominio.net)).

Francois René Rideau, en su trabajo "Sobre los artículos de Eric D. Raymond" (1998), explica también que todas las confusiones y parcialidades que aparecen en el artículo de Raymond son típicas de su elección de la *realpolitik* como principio de actuación en su activismo en pro del software libre. Un ejemplo de esta elección es haber cambiado con efectos retroactivos en sus artículos y conferencias el término *software libre* por *open source*.

El proyecto Debian, es otro de los modelos en torno al software libre. Nació en 1993, bajo los auspicios de la Free Software Foundation (FSF), con el objetivo de juntar las piezas de GNU y construir un sistema operativo libre completo. Con el tiempo se independizó de la FSF y siguió su propio camino. Sin embargo, Debian continúa siendo un sistema importante y sigue funcionando. Pernees Bruce, director del proyecto Debian, ni bien asumió la dirección, creó una fundación sin ánimo de lucro: la Software in the Public Interest.

Ésta se mantiene y desarrolla de manera distribuida mediante la cooperación desinteresada de más de trescientos *hackers* de todo el mundo y dispone de una comunidad de miles de usuarios a través de más de cincuenta listas de correo públicas extraordinariamente activas. El grupo obtiene muchas donaciones (de gente y de empresas) de hardware y ancho de banda. También imprime un gran número de CD-ROM con el software (Mochi, 2002).

Todos los aspectos descritos ponen de manifiesto la importancia del software libre tanto como modo de producción de software alternativo al software propietario así como por los usos cada vez más importantes de la industria, de gobierno y de usuarios en general.

#### **1.4 La computación y el software en México**

De acuerdo con el informe de la situación del sector industrial en el país, preparado por José Andrés de Oteyza, secretario de Patrimonio y Fomento Industrial durante el sexenio del presidente José López Portillo (1976-1982), el desarrollo de la industria en México era escaso, tenía un excesivo apoyo en el mercado interno y su producción se orientaba a la sustitución de importaciones de bienes de consumo. Junto con el centralismo geográfico y el desempleo, dichas características resultaron ser las principales debilidades de esta área.

Ante tales circunstancias, el mandatario dio a conocer en febrero de 1979 el Plan Nacional de Desarrollo Industrial, el cual señalaba 70 ramas de la industria como prioritarias, pues representaban 60% del valor agregado industrial. De acuerdo con sus características particulares, fue preciso enmarcarlas en tres categorías: 1) la agroindustria y los bienes de capital; 2) los bienes de consumo duradero, como electrodomésticos, muebles y partes, productos médicos y electrónicos, y 3) las industrias dedicadas a la fabricación de sistemas de cómputo electrónico, sus accesorios y partes.

Cabe subrayar que dicho plan entendía por industrias prioritarias las "orientadas a satisfacer los requerimientos de consumo básico de la población y las necesarias para consolidar la estructura y promover el desarrollo industrial del país" (citado por Cantarell y González, 2001, p. 47). Ésta fue la primera muestra tangible de interés del gobierno por el desarrollo de la industria de la computación en México.

Más adelante se creó la Comisión de Fomento Industrial, integrada por distintas secretarías de Estado, con el propósito de coordinar y elaborar los planes para el desarrollo de los sectores prioritarios. Uno de estos proyectos se consolidó en el Plan de Fomento a la Industria Eléctrica y la Computación, puesto en práctica durante toda la década de los ochenta.

Entre 1979 y 1980 el auge del sector petrolero desencadenó, además de otras cosas, el aumento de las importaciones de computadoras hasta en 175%, con una erogación que sobrepasó los 5 000 millones de pesos. Este hecho confirmó el importante papel que la industria de la computación comenzaba a desempeñar, al margen de todas las repercusiones políticas, sociales y económicas que implicaba. Cifras oficiales emitidas por la Secretaría de Programación y Presupuesto en 1980 destacaron que el gobierno, la industria y el sector financiero eran las áreas que más utilizaban computadoras personales, con 29.9, 28.6 y 19.5% respectivamente.

En ese contexto, Natam Warman (entonces subsecretario de la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial), José Warman, Guillermo Teutli, Ricardo Zermeño, Lorenzo Navarro, Jesús Palma y Carlos Noriega se plantearon diversos objetivos para fortalecer el Plan de Fomento a la Industria Eléctrica y la Computación en el "Programa de fomento para la manufactura de sistemas electrónicos de cómputo, sus módulos principales y sus equipos periféricos", publicado el 21 de agosto de 1981, entre cuyos propósitos destaca:

el desarrollo de una industria estratégica cuya importancia en el ámbito mundial se ha incrementado notablemente. Una industria que es necesario impulsar para fortalecer el proceso económico nacional, disminuir el impacto negativo en la balanza de pagos y favorecer la mayor independencia tecnológica para el país (citado en Cantarell y González, 2001, p. 49).

Básicamente, el Plan de Fomento Nacional obligaba a que cualquier computadora distribuida en el territorio nacional tuviese un alto porcentaje de componentes fabricados en México. Se permitían las importaciones de componentes extranjeros, siempre y cuando las exportaciones de la compañía fabricante superasen dichas importaciones, según una fluctuante, desconcertante y personal tabla con un coeficiente determinado, como nos señalan Cantarell y González (2003). Algunos consideraron que dicho programa era demasiado proteccionista; por el contrario, otros lo veían como la manera de crear un empresariado nacional involucrado en la fabricación de computadoras personales, en el desarrollo tecnológico y competitivo mundial.

La continua crisis económica se agudizó peligrosamente en 1982 y, luego de haberse sostenido durante poco más de dos décadas el modelo de "sustitución de importaciones", se hizo evidente que éste había modernizado la planta productiva pero que, al mismo tiempo, la importación de bienes de capital había provocado una gran dependencia tecnológica.

Para enfrentar dicha situación, el gobierno encabezado por el presidente Miguel de la Madrid (1982-1988) propuso apoyar las iniciativas del sector privado, además de favorecer la importación de insumos en vez de productos terminados. Así, el Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior 1984-1988 estableció que las subsidiarias de empresas extranjeras que operaran en México serían propiedad de mexicanos en un porcentaje no menor a 51 por ciento.

Esta decisión también fue tildada de proteccionista, debido a que el cierre de las fronteras entorpeció el auge computacional en lugar de agilizarlo. Por otra parte, generó contrabando, y el alto costo de las máquinas disponibles las hizo inaccesibles para el grueso de la población, en una época en que el uso de las computadoras personales se había generalizado rápidamente en otros países.

A la vez, empezaron a surgir compañías mexicanas fabricantes que no prosperaron, pues el país no contaba con profesionales capacitados para elaborar los componentes indispensables. Se trató de las sociedades Denky-Corona, Elektra, Pine, Franklyn y Televideo (Mixel). Mención aparte merece Printaform, que hasta la fecha permanece en el mercado como ensambladora; a pesar de que sus ventas disminuyeron en relación con la década de los ochenta; llegó a tener más de 6 000 distribuidores y arrasó con la competencia, cuyos precios duplicaban los de la compañía mexicana. No obstante las limitaciones, el decenio de los años ochenta signó la evolución de la industria de la computación local a gran escala, incluyendo a los canales de distribución que comenzaron a aparecer entonces.

En México, el año de 1983 marcó el inicio de la difusión de la computadora personal. Las cifras indican que entre 1982 y 1989 el mercado de la computación tuvo un desarrollo aproximado de 17% anual, y que el consumo de equipos de computación alcanzó 399.7 millones de dólares en 1989. La marca que más se comercializó en el mercado del país en 1988 fue Printaform, seguida por IBM, Unisys, HP, Elektra, Pine, Intelecsis, Gamma y Wyse.

En ese estado de cosas se encontraba la industria de la computación cuando asumió la presidencia Carlos Salinas de Gortari (1988-1994), y el 3 de abril de 1990 se emitió un decreto que establecía la inserción de la industria de la computación "activa y eficazmente en los mercados internacionales, con estándares de eficiencia, productividad y tecnología adecuados, aumentando su nivel de competitividad internacional", y que tenía el propósito de fomentar la

"utilización de servicios de cómputo y las opciones para los usuarios de estos equipos, garantizando el acceso a las tecnologías más modernas a precios y calidad internacionales" (citado por Cantarell y González, 2001, p. 51). Una de las primeras acciones que se llevaron a cabo fue modificar el sistema de aduanas, con la consiguiente reapertura de fronteras a los productores internacionales.

Con el nombre de Apple Computer México, esta empresa regresó al país en 1992, cuatro años después de haber salido por problemas relacionados con la importación y la exportación, trayendo consigo la Apple II, que disponía de mucho software en español. Sin embargo, antes de marcharse había tenido la previsión de encargar a un representante, Genetec, el sólido canal de distribución que había creado y los clientes del gobierno, de empresas privadas e instituciones de educación superior con que contaba.

Resulta difícil de creer que en sus inicios el software haya sido menospreciado y fuera regalado por el distribuidor cuando deseaba dotar a las computadoras de valor agregado. No obstante, en la década de los ochenta se inició el negocio de software a la medida, el cual proporcionó apoyo específico para las necesidades de la empresa que lo solicitara.

El mercado mexicano de software creció considerablemente durante estos años, gracias a la generalización de la PC. Al aparecer también una destacada cantidad de software amigable, el uso de las computadoras resultó más sencillo, aunque también surgió la piratería. En aquel tiempo, la Secretaría de Educación Pública se hizo cargo de normar y proteger su uso, por medio de la Dirección General de Derechos de Autor; de manera paralela, se organizaron campañas para combatir la piratería mediante la Asociación Nacional de la Industria de Programas de Cómputo (Anipco).

Ante la inminente presencia de las computadoras en multitud de actividades, empresas e instituciones públicas emplearon operarios, programadores y

analistas, ya que el software comercial no se había difundido en nuestro país en la primera mitad de los ochenta. Los programadores se dedicaron al desarrollo y manufactura de sistemas administrativos. De manera artesanal, reproducían de disco a disco, construían sus propios empaques, etiquetaban y elaboraban manuales, lo que demuestra cómo esta parte de la industria fue, y aún permanece, marginada, no obstante el reconocimiento obtenido por los ingenieros mexicanos. Incluso, Printaform convocó a concursos de diseño de software nacional, a fin de dotar a sus computadoras de un software que estuviera a la altura de los importados y de proveer programas a sus centros de venta para distribuirlos.

La compañía Aspel surgió en 1981, con el propósito de dedicarse a la comercialización de productos de software para sistemas administrativos. Su objetivo inicial fue ofrecer a las medianas, pequeñas y microempresas soluciones administrativas mecanizadas a costos asequibles. Entre 1986 y 1987 inició la venta de sus programas a través de mayoristas.

Debido a la creciente demanda que comenzaron a tener las hojas de cálculo, en 1982 llegó a México la hoja Lotus 1-2-3 para competir directamente con Visicalc, que en ese entonces dominaba el mercado. El representante comercial Execuplan se encargó de distribuir la primera, con el *plus* de que IBM las incluía como parte de sus paquetes de productividad integrados.

Ante la necesidad de adaptar el software a las necesidades locales, la compañía Siga Desarrollos incursionó dos años después en las soluciones personalizadas de software por medio de hojas de cálculo; para ello obtuvo un permiso del gobierno, con el fin de importar las primeras computadoras personales de IBM, pues en México eran insuficientes. Otra compañía mexicana que apareció entonces fue Digit, que por el mismo precio incluía computadora, capacitación e instalación, con el propósito de consolidarse en el mercado de la distribución.

Con el establecimiento de Microsoft en México en 1986, se reestructuró el mercado de software y se fijaron las bases para su comercialización y distribución.

Esta empresa nombró como representantes exclusivos a Dicom y a Computadoras, pero también otorgó licencias de sus productos a algunos fabricantes, con lo cual estuvo en mejor disposición de ofrecer máquinas con software incluido; este hecho contribuyó a que los usuarios tuvieran mejores opciones de compra y permitió cargar el costo proporcional de la licencia de uso del software al precio del equipo. Otro concepto introducido por Microsoft fue la venta del uso de licencia por instalación en cada máquina; a partir de eso, el precio de los programas dependió del número de instalaciones requeridas.

Hacia finales de la década de los ochenta, los mayoristas de software centraron sus esfuerzos en persuadir a los minoristas de las bondades del negocio. Por su parte, Microsoft se encargó de convencer a los primeros de las ventajas del entorno gráfico de Windows y de que no sólo vendía sistemas operativos y lenguajes de programación, sino la paquetería completa de Excel, Word y Power Point, que más adelante arrasaría con el mercado del software de aplicación directa.

Word Perfect fue otra de las compañías fabricantes de software cercana al canal de distribución de equipos de cómputo desde 1984, al principio con la distribución de su procesador de textos, que funcionaba con el sistema operativo MS-DOS de Microsoft. La empresa Dinamia obtuvo la comercialización exclusiva de los productos de dicha corporación.

Oracle llegó a México en 1987, con una de las bases de datos más populares en el mundo. Su primer cliente local fue Pemex; aunque comercializaba de manera directa, también contaba con un canal de distribución especializado, con integradores de sistemas, distribuidores y desarrolladores que preparaban las aplicaciones para sus clientes a través de su software.

La oferta de software adquirió tal importancia que la estrategia de ventas pasó de ser "venta de productos" a "venta de soluciones". Una ventaja más fue que los

fabricantes ofrecían la opción de conectar varias terminales a una computadora central, que brindaba acceso simultáneo a varios usuarios en aquellos sitios donde se ocuparan varias computadoras. Ese periodo se caracterizó por la insuficiencia de manuales e información, y entonces surgieron empresas con propuestas novedosas para capacitar a los usuarios finales. Un ejemplo es Microasist, una compañía que fabricaba y distribuía software de autocapacitación.

Antes de finalizar la década de los ochenta aún se tenía la ilusión de que la industria local de software se desarrollaría hasta consolidarse. Sin embargo, la situación del país no respaldaba tales expectativas, pues el gasto destinado al ramo de la computación era de 70% en hardware y 30% en software, y entre 60 y 70% del software comercializado era de origen extranjero. México ya contaba con desarrollos importantes de programas, pero no existía una industria de software como tal.

A finales de la administración de Ernesto Zedillo (1994-2000), la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (Secofi) se propuso elaborar un plan *fast-track* para estimular el desarrollo del software en México. El 26 de junio de 2000, fuentes cercanas al subsecretario Decio de María Serrano comentaron que ese mismo día se reunirían algunas empresas desarrolladoras de programas de computación con el funcionario, uno de los integrantes del gobierno mexicano "que más interés han puesto en los temas de las tecnologías de la información".

Actualmente, muchas empresas mexicanas se dedican al desarrollo del software, entre las que destacan SofTeck, Microsoft México, Praxis y Ddemesis. Asimismo, el programa para el Desarrollo de la Industria de Software (Prosoft) forma parte de las iniciativas surgidas en el seno del proyecto e-economía, que junto con e-educación, e-salud y e-gobierno, integra el proyecto nacional e-México. La Secretaría de Economía tomó en cuenta documentos y planteamientos presentados por el sector empresarial y diversas instituciones públicas, en especial las que forman parte del sector e-economía. En el capítulo III se hablará

con más detalle de la situación de las empresas de software en México y de este programa, a través del cual el gobierno federal se compromete a aportar el marco general de políticas públicas de aplicación nacional, necesarias para ubicar al país de manera gradual en desarrollo de software y apoyar decididamente las iniciativas estatales y municipales.

En efecto, el gobierno de México se plantea como un desafío convertir al país en el líder latinoamericano desarrollador y exportador de software y, con la puesta en marcha de su programa para el desarrollo de la industria, estableció los distintos comités del Prosoft que se encargarán de su ejecución.

Entre los desafíos prioritarios que se presentan para poder competir, ya sea en el mercado internacional o en el nacional, destacan: impulsar las regulaciones adecuadas para el sector; estimular el desarrollo del principal insumo de esta industria, el capital humano; crear el ambiente propicio para el establecimiento y desarrollo de empresas de software nacional; generar condiciones para la inversión extranjera; generar una sólida estructura de telecomunicaciones, así como fortalecer el mercado interno, fomentando la aplicación de las tecnologías de la información y comunicaciones en todas las actividades sustantivas, tanto públicas como privadas. Todas las propuestas que se plantean y las acciones que se implementen en esta industria constituirán una gran inversión a futuro, dado que se configura como el subsector de mayor dinamismo dentro del desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación, como se demostrará en los próximos capítulos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPÍTULO II. LA INDUSTRIA INTERNACIONAL DEL SOFTWARE

En este capítulo se analiza el marco internacional del desarrollo del software, tomando como referencias las tendencias globales del mercado mundial de tecnologías de la información (TI). Si bien el desarrollo del software se ha dado en los países industrializados, particularmente en los Estados Unidos, resulta importante destacar y definir el papel de algunos otros países de industrialización tardía, tales como India, Irlanda e Israel, los cuales a partir de la "división global del trabajo", durante los años ochenta y noventa se transformaron en protagonistas dinámicos e innovadores en esta industria. Asimismo, se exponen los casos más relevantes de Latinoamérica: Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica, debido a que algunos son países con desarrollo similar a México (Argentina y Brasil), buscan integrarse al nuevo ciclo industrial bajo condiciones de desarrollo similares (Brasil) o resultan potencialmente competidores de México en software (Costa Rica y Uruguay). El análisis del marco global de dichas experiencias tuvo como objetivo contextualizar el estudio de la industria del software en México

### 2.1. La nueva revolución productiva industrial y la división global del trabajo

El cambio de paradigma tecno-económico que llevo a la nueva revolución productiva industrial, tuvo como principal motor "la conversión del sector electrónico informático<sup>1</sup> (SE-I) en el eje central de la economía mundial" (Dabat, Ordoñez, 2003).

Desde el punto de vista de la transformación económica esta dinámica es el resultado de una búsqueda de salida a la crisis del modelo capitalista fordista-

<sup>1</sup> El sector electrónico-informático (SE-I) está integrado por cinco subsectores considerados por Miller (1993) tomados en cuenta en el trabajo de Dabat y Ordoñez (2003). Comprende a semiconductores, computadoras, telecomunicaciones, equipo industrial y electrónica de consumo, y como subgrupo consideran al software (paquetería y servicios de programación) y servicios a la computación (diseños de sistemas integrados de computadoras, procesamiento y preparación de datos y otros de menor importancia).

keynesiano <sup>2</sup> que se expresó con la fuerte caída de la tasa de ganancia de los años sesenta-setenta. Esta tendencia se expresa en el cambio de desarrollo de la inversión en la industria automotriz-petrolera y contemporáneamente en la diversificación de la vieja industria informática verticalmente integrada. A su vez implicó el pasaje a la nueva industria centrada en computadoras y en la red de los años ochenta-noventa. El sector informático caracterizado por empresas con procesos verticales compactos dio lugar a formas descentralizadas en distintos sectores industriales y mercados diferenciados básicamente hardware, software, armado final, comercialización, etc.

Este nuevo ciclo industrial se vincula con la llamada "nueva economía o economía del conocimiento" <sup>3</sup> y se ha expresado con un gran crecimiento del sector durante toda la década de los noventa. Asimismo tendrá grandes consecuencias para la economía mundial.

En primer término tiende a modificar las relaciones económicas de fuerza entre las grandes potencias industriales a favor de Estados Unidos (por su liderazgo tecnológico y empresarial en sectores estratégicos como procesadores, software e Internet) y en contra de Japón (por su relativa débil posición en los nuevos sectores de punta), con resultados desiguales y aún inciertos para Europa Occidental (favorables en los países escandinavos e Irlanda e Inglaterra; pero relativamente preocupantes en Francia y Alemania) (Idem, p. 51).

Otro factor de gran envergadura a considerar tiene que ver con las consecuencias aún desiguales para los países y regiones menos industrializados. Países de

---

<sup>2</sup> Entendemos por modelo fordista-keynesiano la organización económica basada en la producción y consumo de masa, estandarizada, en la organización de la gran empresa vertical, en la extensión del trabajo asalariado y el obrero-masa, cuyo paradigma eran las fábricas de automotores, pero que se extendió como modelo de organización, definiendo la sociedad y el Estado.

<sup>3</sup> El conocimiento es dentro de la nueva revolución productiva industrial central para el desarrollo de las actividades económicas. Según la definición de la OCDE la producción, distribución y uso del conocimiento constituyen el motor principal del crecimiento y de la creación de riqueza y empleo. Se retoma este tema en el capítulo 5, en el apartado sobre los trabajadores del conocimiento

industrialización reciente o semindustrializados han logrado insertarse en el nuevo ciclo industrial, tal es el caso de Asia Oriental, basado en la conversión exportadora hacia la nueva industria electrónica (hardware) seguido por México, aunque bastante más atrás y los países mencionados de Europa Oriental (República Checa, Hungría y Polonia) así como países de Europa Occidental (tal es el caso de Finlandia que se destacará como uno de los países líderes de la telefonía inalámbrica (Dabat y Toledo, 1999). Sin embargo otras regiones como el mundo árabe y sobre todo África se distancian de esta integración por sus límites y atrasos tecnológicos y económicos.

En cuanto a la industria del software y servicios informáticos, si bien los EE.UU son el principal productor y consumidor a nivel global, países como Irlanda, India e Israel, como veremos en nuestra investigación, han alcanzado un crecimiento e inserción en los mercados internacionales. Fuera de estos tres casos, que son los más estudiados y difundidos a nivel internacional, ha habido algunas otras experiencias de ingreso tardío, pero que también demuestran un cierto dinamismo, en la industria de software y servicios informáticos, tal es el caso de Taiwán, China, Singapur. Tailandia, Corea, Malasia, Filipinas y Vietnam.

También están teniendo un desarrollo interesante, aunque claramente mucho más acotado, que en los países mencionados (India, Irlanda e Israel), algunos países latinoamericanos como Brasil, Argentina, Uruguay, Costa Rica y México, también abordados en nuestra investigación.

Ahora bien, cabe preguntarnos, ¿por qué algunos países y regiones periféricas han logrado insertarse en el nuevo ciclo industrial mundial y otras en cambio, no? Algunos autores (Dabat, Ordoñez, 2003) consideran como uno de sus principales factores la llamada nueva división internacional del trabajo, en la nueva fase denominada por Gereffi (1995) "división global del trabajo", la cual redefinió las relaciones entre países y regiones del mundo. .

Los grandes cambios en el mundo derivados de la globalización, como procesos que unificaron el mercado mundial, la liberación comercial, el papel de las comunicaciones, las reducciones de los costos de transporte dieron como resultado la homologación a nivel mundial de las enormes desigualdades internacionales de costos de los diferentes factores de la producción (fuerza de trabajo, recursos naturales, renta del suelo, costos de transporte, acceso al capital, etcétera).

Otro factor importante a destacar es la posibilidad de las empresas y los países de desarrollar procesos manufactureros en los diversos niveles de la cadena de valor y estrategias de comercialización propia para los productos resultantes.

La nueva división internacional del trabajo<sup>4</sup>, en la conformación del nuevo ciclo industrial dirigido por el SE-I, permitirá aún más "a) la incorporación al comercio internacional de un conjunto de nuevos procesos productivos y productos intensivos en trabajos semicalificados y calificado (técnico, ingenieril y aún científico), en lugar del trabajo exclusivamente descalificado de las primeras industrias incorporadas a la nueva división internacional del trabajo como confección, calzado y juguete) y b) las acentuadamente mayores posibilidades de aprendizaje tecnológico de empresas y países de los diferentes segmento de las SE-I, en relación con los sectores productivos, casi únicamente intensivos en trabajo" (Idem, 2003).

De acuerdo con todo lo dicho, encontramos la conformación de nuevos eslabonamientos productivos de la cadena de valor en los países de industrialización tardía que tienen posibilidades de hacer crecer los procesos manufactureros y de servicios, objeto de una división interindustrial del trabajo o

---

<sup>4</sup> Este concepto inicialmente fue utilizado en referencia a la tendencia iniciada en la segunda mitad de los sesenta, de crecimiento de las exportaciones de productos manufactureros intensivos en trabajo desde los países en desarrollo a los países Industriales, a partir de un proceso de relocalización del capital hacia los países periféricos de trabajo descalificado "barato" (Frobel, Heinrichs y Kreyre, citados por Dabat, Ordoñez, 2003)

de relocalización internacional (desarrollo de la una red productiva internacional). Es en este escenario donde los países en vías de industrialización pueden incorporar eslabones productivos del SE-I, caracterizados por esferas laborales más calificadas, algunos de ellos intensivos en conocimiento como el diseño de productos o de software.

Ahora bien, para que estos países de industrialización tardía o en vías de industrialización puedan insertarse directamente al nuevo ciclo industrial depende de las posibilidades que le confiere sus capacidades socioeconómicas, empresariales, infraestructura, educacionales y la existencia de políticas industriales activas coherentes con tal finalidad. En algunos países de los mencionados como exitosos, los gobiernos ya han apoyado el desarrollo de la industria, por su carácter intensivo en tecnología y recursos humanos calificados.

## **2.2. La industria del software y servicios informáticos**

Dentro de las SE-I el software desempeña un papel clave, ya que es un elemento imprescindible para que funcionen los equipos de hardware, así como por ser el sector con más crecimiento. A su vez es importante destacar las nuevas áreas que se desarrollan, tales como *offshort* y *outsourcing*, comercio electrónico y redes de Internet. Otro aspecto que remarca la importancia del software es su creciente incorporación en una serie de bienes industriales: autos, equipos de comunicación, maquinarias, electrodomésticos, etcétera.

Resulta difícil adoptar un concepto de software, en parte debido al carácter intangible de los productos y en parte a los constantes cambios tecnológicos. Muchas veces esto hace difícil precisar si se trata de un producto o de un servicio. Independientemente de tales consideraciones, a grandes rasgos se puede señalar que el software es conocimiento e información codificados. La definición más común, propuesta por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo

Económicos (OCDE) y similar a las empleadas por la International Standardistion Organization (ISO) y la Word Intellectual Property Organization (WIPO), afirma que por software se entiende la

Producción de un conjunto estructurado de instrucciones, procedimientos, programas, reglas y documentación contenida en distintos tipos de soporte físico (cintas, discos, circuitos eléctricos, etc.) con el objetivo de hacer posible el uso de equipos de procesamiento electrónico de datos (OCDE, 1996).

Básicamente, el software es un plan de funcionamiento para un tipo especial de máquina, virtual o abstracta. Una vez escrito mediante un lenguaje de programación, el software puede funcionar en computadoras, que temporalmente se convierten en dicha máquina para la que el programa sirve de plan. Sin este conjunto de instrucciones programadas, las computadoras serían objetos inertes, sin capacidad de mostrar algo en la pantalla. Así mismo, como ya hemos señalado sirve para el funcionamiento en distintas áreas de la actividad humana.

Los campos fundamentales de la industria son la ingeniería del software y los servicios informáticos (ISSI), organizados en una estructura empresarial compleja que en muchos casos hace difícil distinguir entre ambas actividades. De acuerdo con los parámetros internacionales, debe distinguirse entre compañías desarrolladoras de software, empresas subcontratistas de éstas, actividades de confección de programas, comercialización y distribución de productos de software elaborados por terceros o por la casa matriz, y ciertos servicios conexos, por ejemplo, instalación, configuración, prueba, puesta a punto, elaboración de manuales y la red de Internet como nueva plataforma de trabajo de la industria desarrolladora de software. Dentro de esta organización general, las medianas y pequeñas empresas tienden a poseer características que no siempre coinciden con las de otras ramas industriales, debido a su dinamismo y su carácter innovador.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La expansión de Internet aceleró el avance de las ISSI en naciones industrializadas y en algunos países en desarrollo. Asimismo, ha favorecido la tendencia a la transformación del software en servicios, a partir de su uso como plataforma de trabajo y como renta de aplicaciones tanto para el consumidor final como para las empresas. A su vez, el comercio electrónico, que está en su fase inicial de desarrollo, ofrece un enorme potencial de crecimiento para la industria del software.

La industria del software produce gran parte de la riqueza actual en el mundo y crea nuevas oportunidades de trabajo. Su uso aumenta cada día más para mejorar actividades y facilitar el manejo de muchos objetos cotidianos, como teléfonos, televisores, hornos de microondas, frigoríficos, lavadoras, relojes, automóviles, trenes, aviones, etc. El carácter multifuncional de esta nueva tecnología hace, además, que sus contenidos se incorporen a todos los sectores de la economía y de la sociedad.

Si bien no es posible trazar una delimitación precisa entre todas las categorías en las que puede dividirse la producción de software de acuerdo con sus características, importancia y complejidad puede separarse en seis grupos:

1. Sistemas operativos.
2. Software aplicativos o productos empaquetados de mercado masivo.
3. Soluciones empresariales o software desarrollado a medida. Servicios informáticos.
4. Software embarcado o embebido (*embedded software*).
5. Software de servicios a distancia (*Offshore Outsourcing*).

El sistema operativo es el primer y más importante programa. No se trata de un programa solo, sino de un conjunto integrado de más programas con muchos componentes. Metafóricamente es como la estructura física de una casa (sus

muros, techos, pisos, etc.). Entre los sistemas operativos más conocidos podemos citar a CP/M, el sistema DOS, UNIX, Windows, MAC OS, OS/2. Microsoft Windows desde 1985 hasta nuestros días es el sistema operativo más difundido para PC, en sus distintas versiones.

Siguiendo con un ejemplo metafórico, el software aplicativo provee los componentes que hacen la casa habitable, respondiendo a las necesidades de cada usuario, (muebles, decoración, luz, agua, etc.). Análogamente si el sistema operativo es el que permite a nuestra computadora funcionar, los programas aplicativos son los que corresponden a nuestras necesidades e intereses. Inicialmente los programas más difundidos se basaban en pocas categorías, entre los más conocidos podemos citar los programas de cálculo, las hojas electrónicas, los procesadores de escritura, etc. Actualmente existen muchísimos programas disponibles, prácticamente cada sector o actividad profesional, utiliza ampliamente instrumentos de software específicos. Se conocen como productos empaquetados y se dirigen al mercado masivo y, como su nombre lo indica, ya son vendidos en paquetes confeccionados, de manera estándar; generalmente su uso es más fácil y viene acompañado de manuales que explican todas sus funciones.

En mayor o menor medida, las soluciones empresariales o software desarrollado a la medida exigen, de acuerdo con su complejidad, algún grado de personalización o adaptación a los requerimientos específicos de la organización en la cual van a ser implementadas. Desarrollar estos tipos de software (además de su aplicación, instalación, asesoría, etc.) suele implicar una inversión importante en términos de tiempo y dinero<sup>5</sup>. La distinción entre los software empaquetados y los servicios

---

<sup>5</sup> Por ejemplo, automatizar los procesos de las compañías aplicando los sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) o utilizar el CRM (*Customer Relationship Management*) para la administración de la relación con el cliente. Estos sistemas permiten a las organizaciones manejar, sincronizar y coordinar todos los puntos de contacto con sus clientes, por cualquier medio o canal de comunicación, como fax, Web, Call Center, atención directa y servicios personalizados. Están basados en el diseño de un plan de trabajo definido, en el análisis de los procesos empresariales, en el desarrollo de las expectativas y en establecer las formas de medir la funcionalidad de los

empresariales o software a la medida va mucho más allá del mercado al cual se dirigen (en este sentido, un procesador de texto, por ejemplo puede apuntar tanto al mercado empresarial como al hogareño). La diferencia fundamental entre ambos radica en el grado de adaptación hecha al usuario. En muchos casos también es difícil distinguir entre desarrollo de software a medida y servicios, sobre todo en el caso, de adaptación de un programa ya comprado en paquete, el cual no necesitó un desarrollo específico sino simplemente un servicio de adaptación. Al grupo de servicios informáticos específicamente corresponde una serie de actividades tan diversas como son los servicios de consultoría, capacitación, mantenimiento de productos de software, redacción de manuales, si bien entra dentro de la categoría de servicios o soluciones empresariales en general.

El software que viene incorporado en distintos tipos de maquinaria, equipos y dispositivos de consumo es el conocido como software embarcado o embebido (*embedded software*). Usualmente este tipo de software no se incluye en las estadísticas de mercado, ya que es habitual que sea desarrollado *in house* por los propios productores de los bienes en los cuales se incorpora, aunque esta situación podría estar cambiando en años recientes. En cualquier caso, se espera que pronto haya un conjunto de sistemas operativos estandarizados para este tipo de dispositivos, lo cual abriría una buena cantidad de oportunidades para el desarrollo de software embebido. De hecho, varios expertos predicen un crecimiento explosivo de este mercado en los próximos años (Chudnosvsky, López, Melistko, 2001).<sup>6</sup>

Otro de los grupos que en tiempos recientes está tomando importancia es el desarrollo de software de servicios a distancia (*Offshore Outsourcing*). Es una

---

mismos. Un estudio muestra que las compañías que instalan ERP, por ejemplo, suelen gastar 30% del presupuesto total en adquirir la licencia del producto; el resto (70%) se destina principalmente a los "servicios profesionales" necesarios para implementarlo (Hoch *et al.*, 1999).

<sup>6</sup> Entre las principales empresas que compiten por establecer un sistema operativo estándar para software embebido se encuentra Microsoft con su plataforma WinCe, javaSoft, Lyns Realtime Systems y el fabricante de computadoras Psion, que en 1998 estableció un *joint venture* con Ericsson, Nokia y Motorola, con el fin de crear una plataforma para los nuevos teléfonos celulares inteligentes (Hoch *et al.*, 1999, citado en Chudnosvsky, López, Melistko, 2001).

TESIS CON  
FAMILIA DE ORIGEN

tendencia que nació en la India. Hoy se ofrece en países como Singapur, Sudáfrica y México. El concepto incluye: desarrollo de software a distancia, administración remota de aplicaciones, desarrollo y mantenimiento de aplicaciones, y, en fases más avanzadas, administración integral de todo el departamento de sistemas de una empresa. Aún no tienen un gran impacto económico en el mercado mexicano de TI.

En cuanto a la rentabilidad de todos estos segmentos descritos, los sistemas operativos y los software aplicativos así como las soluciones empresariales son las que tienen mayor importancia. Las empresas que se destacan en estos rubros son: Microsoft que se ha consolidado en el mundo como líder absoluto, en el mercado de productos masivos (sistemas operativos e importantes software aplicativos), con ventas por 21 600 millones de dólares en 1999, a distancia de IBM, que ocupa el segundo lugar en el mundo con 12 700 millones, con preeminencia en el mercado de soluciones empresariales. En cuanto a servicios, IBM lidera ampliamente el mercado con ventas anuales por 32 000 millones de dólares, seguida de las grandes consultoras internacionales Accenture (ex Andersen consulting) y Pricewaterhouse Coopers, los fabricantes de computadoras Hewlett Packard y Compaq y algunas firmas especializadas en bases de datos (como Oracle) y gestión empresa (SAP). Estas últimas cuatro empresas están entre los mayores vendedores de productos de software a nivel mundial.

En el segmento de productos de mercado masivo uno de los hechos más destacables ha sido la aparición de un nuevo competidor en el mercado de sistemas operativos de escritorio, segmento que hasta hace poco parecía tener como protagonista exclusivo a Microsoft con sus sistema Windows 95/98 y más recientemente Windows 2000 y Windows XP. Linux, el sistema operativo, versión de UNIX, con su propuesta de código fuente abierta, a diferencia de las anteriores puede adaptarse a una plataforma masiva como es la PC-IBM. Esto abre nuevas posibilidades para grandes usuarios como son el gobierno, las universidades y las empresas.

La explosión de Internet, por otra parte, ha promovido el uso de nuevas herramientas, entre ellas el lenguaje HTML, y más recientemente la programación en Java<sup>7</sup>. Según diversas estimaciones (López, 2003) tiene entre 7 y 21 millones de usuarios en todo el mundo y crece a una tasa anual superior al 200%. Esto constituye otra amenaza potencial para el monopolio de Microsoft, quien estableció su liderazgo en el mercado masivo apuntando a la plataforma IBM-PC compatible.

En el mercado de soluciones empresariales y servicios, como nos señala el autor citado (López, 2003.p. 63) Internet también está introduciendo cambios significativos a raíz de la difusión de soluciones de comercio electrónico (B2B-*business to business-* y B2C -*business to customer*). La distinción entre "productos" y "servicios" se tornará cada vez más difusa a medida que se extienda el uso de aplicaciones vía Internet. En este escenario, en lugar de adquirir la licencia de un producto, el usuario pagaría una suscripción mensual para acceder a diferentes "servicios de aplicación" (*application services*). La provisión de dicho servicio podría estar en manos del desarrollador original, o bien de un ASP (*application service provider*). Así, las principales empresas de software empresarial (Peoplesoft, Oracle, SAP, etc.) están migrando sus paquetes ERP tradicionales a Internet y desarrollando nuevas aplicaciones especialmente diseñadas para esta plataforma (es el caso, por ejemplo, de las aplicaciones CRM, o *customer relationship management*).

### **2.3 Las tecnologías de la información (TI), y los servicios informáticos (ISSI) en el ámbito internacional**

El mercado mundial de TI alcanzó en 2001 alrededor de los 1 400 billones de dólares. Mientras que el mercado de software llegó a 196 200 millones de dólares,

---

<sup>7</sup> Lenguaje descrito en el capítulo III de este trabajo, inciso g) herramientas de desarrollo.

el de servicios informáticos alcanzó los 425 700 millones de dólares (ver cuadro 1). Como se puede observar, el crecimiento y su consecuente expansión del sector de TI ha sido vertiginoso en años recientes, con tasas de crecimiento del orden del 6.9% anual entre 1993 y 2001, correspondiéndole al software un crecimiento anual de 13.4% y a los servicios informáticos de 10.2% anual (ver cuadro 2).

El mercado mundial de Tecnologías de la Información se encuentra concentrado en los países más industrializados, en particular en los Estados Unidos (40% del mercado mundial de TI, 49% del mercado de software y 47% de servicios informáticos en 2001). En este panorama internacional, algunos países de Asia (India, China, Corea, Taiwán, Hong Kong) y en menor medida algunos países de América Latina (Brasil, Argentina) participan con 5 a 6% del mercado global de TI y servicios informáticos. México se ubica en el puesto número 19 en esta clasificación (cuadro 1), con alrededor de 0.6% del mercado mundial, así como con 0.3% en software y 0.4 % en servicios informáticos (hasta el año 2001) (cuadro 2).

Dentro de las estadísticas de TI a continuación presentadas se incluye un rubro denominado "gastos internos", que capta el gasto en el rubro que hacen las firmas *in house* (esto es sin contratar los servicios o bienes respectivos en el mercado). Una parte importante de ese gasto corresponde a software y servicios informáticos provistos por el propio personal de las firmas o instituciones usuarias de TI. De hecho, y pese al predominio de los vendedores independientes de software y servicios informáticos, aún hoy existe una proporción considerable de software desarrollado internamente por los usuarios finales que no siempre se ve reflejada en las estadísticas del sector (Chudnovsky, *et al*, 2001)<sup>8</sup>.

---

<sup>8</sup> Algunas estimaciones sugieren, por ejemplo, que a fines de la década de 1980 el desarrollo *in house* representaba alrededor del 60% de los gastos totales en software de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia, los cuatro mayores mercados europeos (Torrizi, 1998).

Cuadro I

EL MERCADO MUNDIAL DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, 1992-2001 (\$US millones)										
	Hardware		Software		Servicios		Gastos internos *		Total	
	1992	2001	1992	2001	1992	2001	1992	2001	1992	2001
EE.UU.	70.741	136.051	29.720	96.556	73.257	199.203	104.994	107.428	278.712	546.681
Japón	38.938	49.686	6.652	13.729	32.709	52.320	64.328	67.186	142.627	188.012
Alemania	14.772	24.488	5.584	14.697	14.598	27.018	24.338	29.075	59.292	98.260
G. Bretaña	11.532	21.287	4.882	13.798	9.200	27.354	21.624	26.723	47.238	91.356
Francia	10.722	14.716	3.664	10.524	11.847	24.870	22.081	28.543	48.314	81.221
Canadá	5.845	9.558	1.869	5.958	6.371	12.385	10.404	10.865	24.489	39.630
Italia	7.309	9.182	3.326	4.650	6.670	11.083	4.826	6.303	22.131	32.450
P. Bajos	3.415	5.720	1.340	4.436	2.902	6.202	5.612	6.578	13.269	23.988
Australia	2.749	5.617	891	2.726	1.933	5.485	5.127	4.953	10.700	19.289
Suiza	2.774	4.281	1.082	2.561	1.809	4.527	4.972	5.182	10.637	17.025
Brasil	2.192	8.816	743	1.863	1.630	5.368	2.391	3.583	6.956	18.328
Suecia	3.490	4.241	842	2.307	2.918	5.488	3.954	5.137	11.204	17.487
España	3.776	4.939	1.283	2.243	2.644	4.256	2.055	2.786	9.758	15.180
China	2.848	16.738	117	1.491	85	1.524	314	1.324	3.364	22.591
Belgica	1.791	2.889	1.100	1.617	1.620	3.222	3.141	3.795	7.652	11.956
Corea	3.791	8.816	202	1.027	1.216	2.803	1.809	2.731	7.018	16.174
Dinamarca	1.544	2.469	484	1.407	1.231	2.918	2.542	3.186	5.801	10.258
Austria	1.316	2.301	472	1.332	1.214	2.439	2.195	2.563	5.197	8.892
México	1.675	3.316	302	597	818	1.865	1.467	2.326	4.262	8.405
Sudafrica	1.227	1.986	287	997	876	1.852	1.212	1.961	3.602	6.975
Noruega	1.326	2.037	420	1.145	1.040	2.565	1.307	1.713	4.094	7.626
Finlandia	1.012	1.956	274	1.086	773	1.774	1.117	1.649	3.176	6.630
Taiwan	1.260	3.022	156	662	431	1.019	188	1.658	2.635	6.634
Israel	681	1.212	228	587	370	1.481	628	803	1.907	4.192
India	666	31	61	494	364	1.769	429	1.488	1.520	7.131
Argentina	445	1.729	67	410	460	1.083	569	634	1.541	4.012
Hong Kong	687	2.107	79	357	170	693	650	888	1.586	4.235
Polonia	524	1.661	80	511	135	877	267	867	1.006	4.031
Turquia	933	981	72	241	107	312	196	333	1.328	1.955
Colombia	2.122	694	24	177	138	459	613	797	987	2.189
Resto del mundo	10.722	20.523	1.798	6.051	4.182	11.446	6.951	11.842	23.653	54.428
<b>Total</b>	<b>212.845</b>	<b>376.119</b>	<b>68.101</b>	<b>196.237</b>	<b>183.718</b>	<b>425.660</b>	<b>302.301</b>	<b>344.900</b>	<b>765.656</b>	<b>1.377.221</b>

Fuente: WITSA (2000 y 2002)

Nota \* Gastos en TI realizados internamente por las firmas e instituciones usuarias

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 2

COMPOSICION Y TASAS DE CRECIMIENTO DEL MERCADO DE TI POR PAISES, 1993-2001 (%)									
PAIS	TI			SOFTWARE			SERVICIOS INFORMATICOS		
	Participación en el mercado mundial		Tasa de crecimiento	Participación en el mercado mundial		Tasa de crecimiento	Participación en el mercado mundial		Tasa de crecimiento
	1993	2001	1993-2001	1993	2001	1993-2001	1993	2001	1993-2001
EE.UU	37.5	39.7	7.6	46.2	49.2	14.4	42.0	46.8	11.7
Japón	18.6	13.7	2.8	10.6	7.0	7.7	17.6	12.3	5.3
Alemania	7.7	7.1	5.9	7.9	7.5	12.6	7.5	6.3	7.9
G. Bretaña	5.9	6.6	8.4	6.2	7	15.3	4.6	6.4	5.3
Francia	6.1	5.9	6.4	5	5.4	14.4	6.0	5.8	9.7
Canadá	3.1	2.9	5.9	2.9	3	14.2	3.5	2.9	7.7
Italia	2.5	2.4	6.2	3.8	2.4	7.1	3.1	2.6	7.9
P. Bajos	1.7	-	1.7	2.1	2.3	14.6	1.4	1.5	10.4
Australia	1.5	1.4	1.4	1.6	1.4	11.7	1.2	1.3	11.0
Suiza	1.3	1.2	1.2	1.5	1.3	11.1	1.0	1.1	11.1
Brasil	0.9	1.3	1.3	0.7	0.9	18.9	1.0	1.3	13.2
Suecia	1.3	1.3	1.3	0.9	1.2	16.9	1.4	1.3	9.1
España	1.1	1.1	1.1	1.4	1.1	11.0	1.2	1.0	7.8
China	0.4	1.6	1.6	0.1	0.8	48.5	0.1	0.4	39.3
Bélgica	1.0	0.9	0.9	1.5	0.8	5.4	0.8	0.8	8.8
Corea	1.0	1.2	1.2	0.3	0.5	19.4	0.7	0.7	9.6
Dinamarca	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	15.2	0.7	0.7	10.8
Austria	0.7	0.6	0.6	0.7	0.7	13.1	0.6	0.6	8.6
México	0.6	0.6	0.6	0.5	0.3	6.2	0.5	0.4	7.9
Sudáfrica	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	14.8	0.5	0.4	8.9
Noruega	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	14.3	0.6	0.6	11.4
Finlandia	0.4	0.5	0.5	0.3	0.6	21.4	0.4	0.4	12.2
Taiwán	0.3	0.5	0.5	0.2	0.3	19.4	0.2	0.2	10.9
Israel	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	11.4	0.2	0.3	17.1
India	0.2	0.5	0.5	0.1	0.3	30.7	0.2	0.4	19.0
Argentina	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	16.1	0.3	0.3	8.6
Hong Kong	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	10.9	0.2	0.2	8.1
Polonia	0.1	0.3	0.3	0.1	0.3	24.9	0.1	0.2	24.5
Turquía	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	13.0	0.1	0.1	28.0
Colombia	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	19.5	0.1	0.1	11.5
Resto del mundo	3.3	4.5	11.1	2.8	3.0	14.4	2.2	2.6	12.5
Total	100	100	6.9	10	100	13.4	100	100	10.2

Fuente: elaboración propia en con datos de WITSA (2000 y 2002)

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

Las exportaciones de software de los países de la OCDE alcanzaron los 13 000 millones de dólares en el año 2000, y las importaciones estuvieron apenas por encima de los 12 400 millones de dólares (ver cuadro 3). Es necesario señalar que existen algunos problemas al considerar las estadísticas sobre comercio exterior en software. Entre ellos, por ejemplo, la imposibilidad de medir el contenido en las fronteras, por lo cual el software aparece subvaluado; los datos no captan el software que ya viene instalado en las computadoras y no miden el valor de los derechos de autor vendidos en mercados extranjeros ni el valor de las transacciones electrónicas (OCDE, 2000).

Las exportaciones destinadas a países que no son miembros de la OCDE no presentan una participación destacable en dichos intercambios: 85% del total exportado estuvo dirigido a países de la OCDE, mientras que 15% se distribuyó entre Asia (7%), Sudamérica (3.4%) y otros países europeos (1.5%). El 93% de las importaciones realizadas por países de la OCDE en 1998 se originó en países miembros, mientras que sólo el 7% provino de los países asiáticos no miembros (OCDE, 2000).

Irlanda y los Estados Unidos fueron los principales exportadores de software entre los países de la OCDE en el año 2000. En el caso de Irlanda, el valor de las exportaciones alcanzó los 3 820 millones de dólares (cuadro 3), mientras que en los Estados Unidos dicho monto ascendió a 3 380 millones de dólares. Conjuntamente, ambos países representaron 55% del total exportado por los países de la OCDE. El Reino Unido, por su parte, es el principal importador de software de la OCDE, con un total de 1 590 millones de dólares en el 2000, seguido por Canadá, Alemania, Francia y los Estados Unidos, cuyas importaciones se ubican alrededor de 950-1050 millones de dólares.

En cuanto a las exportaciones e importaciones de servicios informáticos entre los países de la OCDE, sobresale Irlanda como exportador con 5 479 millones de dólares y EEUU con 4 900 millones de dólares (ver cuadro 4). Por su parte, en

cuanto a los importadores, sobresale Alemania con 4 836 millones de dólares, seguido de Japón con 3 066 millones de dólares. El total exportado por la OCDE alcanza los 29 495 millones de dólares, y por la Unión Europea 20 718 millones de dólares. En cuanto a las importaciones totales, siempre para servicios informáticos, la OCDE importa por 19 617 millones de dólares y la Unión Europea 13 538 millones de dólares.

**Cuadro 3**

PRINCIPALES EXPORTADORES E IMPORTADORES DE SOFTWARE ENTRE LOS PAISES DE LA OCDE, 2000 (millones de US\$ corrientes y %)					
Exportadores	Valor	Participación	Importadores	Valor	Participación
Irlanda	3,819	29	Reino Unido	1,592	13
EE.UU	3,382	26	Canadá	1,054	8
Noruega	1,079	8	Alemania	988	8
Reino Unido	895	7	Francia	959	8
Austria	780	6	EE.UU	956	8
Alemania	702	5	Suiza	823	7
Francia	483	4	Italia	815	7
Japón	317	2	Japón	629	5
Bélgica	308	2	Noruega	567	5
Canadá	241	2	Corea	527	4
OCDE	13,051	100	OCDE	12,418	100
UE	8,618	66	UE	6,984	56

Fuente: OCDE (2002)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 4**

PRINCIPALES EXPORTADORES E IMPORTADORES DE SERVICIOS INFORMATICOS ENTRE LOS PAISES DE LA OCDE, 2000 (millones de US\$ corrientes y %)					
Exportadores	Valor	Participación	Importadores	Valor	Participación
Irlanda	5,479	19	Alemania	4,836	25
EE.UU.	4,900	17	Japón	3,066	16
Alemania	3,716	13	Belgica/Luxemburgo	1,320	7
Reino Unido	3,684	12	España	1,226	6
España	2,041	7	Países Bajos	1,187	6
Belgica/Luxemburgo	1,721	6	Reino Unido	1,150	6
Japón	1,569	5	Suecia	1,067	5
Canadá	1,345	5	EE.UU.	1,040	5
Suecia	1,191	4	Italia	926	5
Países Bajos	1,152	4	Canadá	791	4
OCDE	29,495	100	OCDE	19,617	100
UE	20,718	70	UE	13,538	69

Fuente: OCDE (2002)

## 2.4 Experiencias significativas del contexto internacional

Como ya hemos referido en párrafos anteriores, si bien el grueso de la producción y las exportaciones de software se concentran en los Estados Unidos, Japón y países más avanzados del continente europeo, como consecuencia de la "división global del trabajo", algunos otros países, semi industrializados y en vías de industrialización, ocupan un lugar importante por producción y exportación de software. Entre los casos más exitosos se destacan India, Irlanda e Israel.

### a) India

La industria del software ofrece a algunos países menos industrializados la oportunidad de insertarse en el mercado internacional como productores importantes. Tal es el caso de la India, que, de vender sólo trabajo de programación, pasó a exportar servicios más complejos. (servicios *offshore outsourcing*) y cuya actividad ha dado lugar a uno de los sistemas locales de innovación de alta tecnología más sofisticada del mundo en desarrollo. En efecto, los ingresos por software pasaron entre 1995 y 1996 de 1 250 millones de dólares

a 6 000 millones de dólares entre 2000 y 2001 (ver cuadro 5). En 1994 exportó software por 480 millones de dólares, en 1995-1996 lo hizo por 734 millones de dólares, y en el 2000-2001 se llegó a los 4 000 millones de dólares. Así la India se ha convertido en el gran exportador de software entre los países en desarrollo.

Cuadro 5

INDIA. CRECIMIENTO NACIONAL, EXPORTACIONES E INGRESOS TOTALES, 1993 - 2001. (En \$M)			
AÑO	EXPORTACIONES	INGRESOS NACIONALES	TOTAL
1993-1994	330	227.9	557.9
1994-1995	485	340.8	825.8
1995-1996	734	515.4	1,249.4
1996-1997	1,085	680.8	1,765.8
1997-1998	1,800	900.0	2,700.0
1998-1999	2,650	1,250.0	3,900.0
2000-2001 (Est)	4,000	2,000.0	6,000.0

Fuente: Arora, Ashish et al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet 991231302.pdf. Tomado de Nasscom (2001a)

Más del 75% de los ingresos totales generados por el sector en 2002 (7 800 millones de dólares) fueron en concepto de exportaciones (a comienzos de los 90's las exportaciones apenas superaban como hemos visto los 330 millones de dólares) (López, 2003).

El destino fundamental de tales exportaciones es, paradójicamente, Estados Unidos (58%) (cuadro 6), principal país productor de buena parte de software; luego siguen Europa (principalmente al Reino Unido) con 21% y Japón y otros países del sudeste asiático con alrededor de 4 por ciento (Nasscom, 2001a).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 6

INDIA. DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DE SOFTWARE, 1997-1998	
DESTINO	%
USA	58
Europa	21
SE Asia	6
Japón	4
Australia y Nueva Zelanda	2
Asia Oeste	2
Resto del mundo	7

Fuente: Arora, Ashish et. al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet: 991231302 pdf. Tomado de: Nasscom (2001a)

Las principales firmas de software que componen la facturación total de la industria en la India la forman grandes empresas, entre las cuales sólo una (TSC la empresa líder) (cuadro 7), ha mantenido su anterior posición durante la expansión de los noventa, ya que el resto de las participantes en esta expansión son empresas nuevas.

Cuadro 7

INDIA. PRINCIPALES EXPORTADORAS DE SOFTWARE 1980-1998					
POSICION	1980-1981	1985-1986	1989-1990	1994-1995	1997-1998
1	TCS	TCS	TCS	TCS	TCS
2	TUL	TUL	TUL	TUL	Wipro
3	Computronics	PCS	COSL	Wipro	Tata Infotech
4	Shaw Wallace	Hindistron	Datamatics	Pentafour	Pentafour
5	Hinditron	Infosys	Texas Instruments	Infosys	Infosys
6	Indicos Systems	Datamatics	Digital (DEIL)	Silverline	Satyam
7	ORG	DCM DP	PCS	Fujitsu	Tata IBM
8	System	COSL	Mahindra-BT	Digital (DEIL)	CMA Ltd

Fuente: Arora, Ashish et. al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet: 991231302 pdf

Según la misma fuente citada anteriormente (Nasscom, 2002) el número total de empresas de software y servicios informáticos es de unas 6 000 (cuadro 8). Alrededor de 3 000 son firmas exportadoras. Muchas de estas empresas en su esfuerzo por posicionarse mejor en los mercados de exportación han decidido tener presencia directa en el exterior. Así, hay unas 270 empresas con oficinas, subsidiarias y/o alianzas comerciales en los EE.UU. A su vez, la presencia de empresas extranjeras es muy importante dentro del sector de software y servicios informáticos, representando alrededor de un 30% tanto del número total de firmas en la industria como de las exportaciones sectoriales (Agrawal, 2000, citado por

López, 2003).

**Cuadro 8**

INDIA. TOTAL DE EMPRESAS DE SOFTWARE, FIRMAS EXPORTADORAS Y FIRMAS RADICADAS EN EL EXTERIOR	
Total de empresas de software y servicios *	6,000
Firmas exportadoras de software	3,000
Firmas radicadas en el exterior	270

Fuente: elaboración propia con datos de López (2003)

La distribución geográfica de las empresas muestra (según cuadro 9) una alta concentración en algunas ciudades. De 558 compañías tomadas en consideración por la muestra del estudio realizado en India, la mayor parte de las empresas (152) están localizadas en Bangalore y otra cantidad importante en Bombay (122).

**Cuadro 9**

INDIA. LOCALIZACION DE LAS FIRMAS DE SOFTWARE	
CIUDAD	FIRMAS
Bangalore	152
Mumbai (Bombay)	122
Chennai (Madras)	93
Nueva Delhi	86
Hyderabad / Secunderabad	34
Calcuta	27
Pune	22
Otros	22
Total	558

Heeks, Richard (1998). *The Uneven Profile of Indian Software Exports*. Institute for Development Policy and Management / Manchester University. Working paper series Paper No. 3.

Respecto de la composición del software de la India (cuadro 10) son muy significativos el alto porcentaje de la producción de software para exportación en sistemas de seguridad (31.5%) y una clara orientación de 52% del mercado interno hacia los productos de uso masivo (software empaquetado). Las firmas llevan a cabo una gama relativamente amplia de actividades.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 10

INDIA. COMPOSICION DEL SOFTWARE DE LA INDIA Y SERVICIOS (NACIONAL Y EXPORTACIONES)		
ACTIVIDAD DEL SOFTWARE	SOFTWARE NACIONAL	EXPORTACION DE SOFTWARE
Sistemas de Seguridad	28.6	31.5
Servicios profesionales	4.1	48.4
Software empaquetado	52.0	8.8
Capacitación	6.1	1.5
Apoyo y mantenimiento	3.2	3.0
IT Servicios permitidos	6.0	6.8

Fuente: Arora, Ashish et. al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet: 991231302.pdf

En cambio, en la actividad del software orientado exclusivamente para la exportación se puede observar (cuadro 11), que 71 de las empresas proveedoras de servicios (aplicaciones de soluciones) exportan 76% del total de la producción. Destaca, asimismo, el área de sistemas de software, 28 empresas que exportan el 30.1%.

Cuadro 11

INDIA. CARACTERISTICAS DE LOS PROYECTOS DE EXPORTACION DE SOFTWARE EMPRENDIDOS POR LAS EMPRESAS		
ACTIVIDAD DEL SOFTWARE	NUMERO DE FIRMAS PROVEEDORAS DE SERVICIOS DE EXPORTACION	%
Diseño de redes e Ingeniería	19.0	20.4
Conversión de proyectos	25.0	26.9
Integración de sistemas	22.0	23.7
Aplicaciones de soluciones de software	71.0	76.3
Sistemas de software	28.0	30.1
Aplicación de instrumentos y equipo	22.0	23.7
Operación y redes de mgmt	7.0	7.5
Ayuda a operación de oficinas	12.0	12.9
Administración de bases de datos	12.0	12.9

Fuente: Arora, Ashish et al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet: 991231302.pdf

Entre los sectores exportadores de software de la India (cuadro 12), se observa un alto grado de concentración de la producción en el área dirigida a almacenes al por menor (52.2%). Le sigue el campo de manufacturas con 51%. Son muchas

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

las firmas (45) dedicadas al área de bancos (50%). Tal vez no hay cifras tan elevadas en otros aspectos, pero tienen un grado de diversificación en las aplicaciones lo suficientemente alto para competir en el mercado internacional.

**Cuadro 12**

INDIA. SECTORES ATENDIDOS POR LOS EXPORTADORES DE SOFTWARE		
AREA	Firmas	%
Bancos	45	50.0
Medicina, Salud	23	25.6
Almacenes al por menor	47	52.2
Multimedia y entretenimiento	27	30.0
Educación	23	25.6
Turismo	16	17.8
Sector de manufacturas	46	51.1
Gobierno	22	24.4
Transportes	27	30.0

Fuente: Arora, Ashish et al. (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet. 991231302.pdf.

El ejemplo de la India resulta más importante todavía debido a la política industrial activa planteada por el gobierno de ese país. Se ofrecen infraestructura y ventajas impositivas y aduaneras para instalar empresas orientadas a la exportación. Genera la industria un total de 400 000 empleos en total. (López, 2003). Otro indicador importante es el salario de los trabajadores según el puesto que ocupan en la producción de software. Si bien los salarios pueden variar debido a factores tales como la educación, la experiencia, la plataforma de operación, la naturaleza de la misión (contrato, localización del trabajador, certificación técnica y profesional), existe una notable diferencia al respecto entre la India y los Estados Unidos (cuadro 13), donde un programador en Estados Unidos gana de 32 500 a 39 000 dólares al año, y en India el mismo profesional gana entre 2 200 y 2 900 dólares año, lo que puede explicar la gran migración de trabajadores hacia Estados Unidos. Se podría deducir que la India no sólo exporta software, sino también mano de obra especializada en el sector.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 13**

<b>TRABAJADORES DEL SOFTWARE: SALARIOS COMPARATIVOS, 1997</b>		
<b>PUESTO</b>	<b>USA</b>	<b>INDIA</b>
	<b>\$ por año</b>	
<b>Programador</b>	32.500 - 39.000	2.200 - 2.900
<b>Analista de sistemas</b>	46.000 - 57.500	8.200 - 10.700
<b>Programador analista</b>	39.000 - 50.000	5.400 - 7.000
<b>Administrador de redes</b>	36.000 - 55.000	15.700 - 19.200
<b>Administrador de Base de datos</b>	54.000 - 67.500	15.700 - 19.200
<b>Técnico de apoyo</b>	25.000 - 35.500	5.400 - 7.000
<b>Desarrollo de software</b>	49.000 - 67.500	15.700 - 19.200

Fuente: Arora, Ashish et al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet. 991231302.pdf

TC: 45 Rs / SUS

Aplicado en empresas grandes, mayores a 50 técnicos de software. Los salarios de una actividad pueden variar debido a factores tales como educación y la experiencia del perfil profesional; la plataforma de operación, la naturaleza de la misión (contrato, localización del trabajador y a la certificación técnica y profesional).

Sin embargo, y a pesar del gran esfuerzo realizado por la India en educación, las empresas exportadoras encuentran entre sus principales problemas la falta de mano de obra calificada (57%, comparado con otros problemas detectados), según observamos en el cuadro 14.

**Cuadro 14**

INDIA. PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS FIRMAS DE SOFTWARE			
PROBLEMA	EXPORTADORAS	NACIONALES	TOTAL
Escasés de mano de obra calificada	57	32	89
Desgaste de empleados	44	27	71
Infraestructura física	12	12	24
Infraestructura comercial	24	17	41
Calidad de la Certificación	11	6	17
Visas	33	NA	33
Financiamiento / Capital	20	14	34
Acceso a mercados	42	17	59
Carencia de mercado de computo	6	21	27
Carencia de apoyo gubernamental	10	11	21
Barreras arancelarias	11	8	19

Fuente: Arora, Ashish et al (2002) *The Indian Software Services Industry*. Documento en internet: 991231302.pdf.

Como hemos podido observar en esta descripción, India, basa su modelo de exportación mucho más en servicios que en productos. El destino de sus exportaciones es fundamentalmente Estados Unidos y el sector exportador está compuesto por grandes empresas, las cuales muchas de ellas cuentan ya con oficinas radicadas en el exterior. Junto con la exportación de servicios de software se acompaña también la migración de mano de obra calificada.

#### b) Irlanda

En la actualidad, Irlanda es uno de los dos principales exportadores mundiales de software y servicios informáticos, con ventas cercanas a los 6 000 millones de dólares en 1997, llegando en el 2002 a 10 000 millones de dólares (Enterprise Ireland's National Informatics Directory, 2002). El perfil exportador de Irlanda se diferencia claramente del hindú, tanto en términos de destino como de su composición. La Unión Europea, en particular el Reino Unido, reúne 70% de las exportaciones irlandesas, lo cual se explica por el hecho de que numerosas firmas

estadounidenses (y también europeas) han instalado allí centros de desarrollo, localización y distribución para los mercados de aquel continente.

Las exportaciones en 1991 estuvieron representadas por compañías nacionales en un 41% del total de ingresos y las compañías en el extranjero correspondió a un 98%, siendo para 1995 del 58% y 99% respectivamente (cuadro 15).

**Cuadro 15**

IRLANDA. EXPORTACIONES (% DEL TOTAL DE INGRESOS)			
	1991	1993	1995
Compañías nacionales	41%	49%	58%
Compañías en el extranjero	98%	98%	99%

Fuente: National Software Directorate (1998). En: infbac.htm

En 1991 según el cuadro 16, existían 365 firmas de las cuales 291 eran compañías nacionales y 74 radicadas en el extranjero. En 1997, ya se contaba con 679 firmas, de las cuales 561 eran nacionales y 118 eran compañías radicadas en el extranjero. En total empleaban a 18 300 trabajadores.

**Cuadro 16**

IRLANDA. ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE, 1991-1997				
	1991	1993	1995	1997
<b>Número de compañías</b>				
Compañías nacionales	291	336	390	561
Compañías en el extranjero	74	81	93	118
Totales	365	417	483	679
<b>Trabajadores</b>				
Compañías nacionales	3,801	4,495	5,773	9,200
Compañías en el extranjero	3,992	4,448	6,011	9,100
Totales	7,793	8,943	11,784	18,300

Fuente: National Software Directorate (1998). En: infbac.htm

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Datos recientes del 2002, indican que la industria de software y servicios informáticos está constituida por 900 firmas, las cuales emplean a 30 000 trabajadores. Alrededor de 500 de estas firmas, son de capital nacional (excluyendo las empresas integradoras o las que solamente ofrecen servicios) (López, 2003).

**Cuadro 17**

IRLANDA. EMPRESAS DE SOFTWARE Y NÚMERO DE TRABAJADORES, 2002	
<b>Total de Empresas</b>	900
<b>Empresas de capital nacional</b>	500
<b>Empresas con capita foráneo</b>	400
<b>Trabajadores</b>	30,000

Fuente López, Andrés (2003) *Componente B Diseño de Análisis de resultados de la segunda encuesta argentina de innovación 1997/2001* BID / CEPAL

Dentro de las industrias exportadoras, en 1996, se destacan las del software y la electrónica, las cuales concentraban el 40% de las exportaciones (cuadro 18).

**Cuadro 18**

IRLANDA. EXPORTACIONES DE SOFTWARE, 1996	
SECTOR	%
<b>Electrónica y Software</b>	40
<b>Químicos</b>	23
<b>Alimentos</b>	15
<b>Otros</b>	22

Industrial Development Agency /  
National Software Directorate. Ireland  
Government (1997). En: Irlanda.htm

En cuanto a la composición, se diferencia del modelo hindú por el predominio del software empaquetado en relación con los servicios. Por otra parte Irlanda no parece haberse transformado en un centro importante de programación *offshore* como la India.

Respecto del número de estudiantes egresados de carreras vinculadas con la

producción de software, en el cuadro 19 se observan algunos datos básicos (Chudnovsky *et al*, 2001).

**Cuadro 19**

IRLANDA. SECTOR DE ESCUELAS DE COMPUTACION. POSICION EN RENDIMIENTO, 1996	
UNIVERSIDADES	
Estudiantes en computación	1,000
Posgraduados en computación	160
Estudiantes de Diplomados en computación	240
Posgraduados de Diplomados en computación	600
<b>Total</b>	<b>2,000</b>
Escuelas de computación	900

Fuente: tomado de Irlanda.html

En el ámbito de las políticas públicas el gobierno de Irlanda incentiva el desarrollo del sector a través de estímulos fiscales, esfuerzos en el plano de la educación y otras áreas. Este factor aunado a la cercanía del mercado europeo y por la población angloparlante presente en el país son consideradas como algunas de las fortalezas del sector.

### c) Israel

Israel aparece también como otro país en donde crece día a día la producción y exportaciones de software. La industria de software israelí ha tenido un desempeño destacado durante la última década, en particular en las áreas de seguridad y tecnologías antivirus. Israel contaba con unas 300 empresas de software, que en 1998 generaban ingresos por 1 500 millones de dólares. Una proporción considerable de dichas firmas se dedicaba a desarrollar software empaquetado con cierto nivel de sofisticación para mercados extranjeros. Los productos de seguridad y administración de redes constituyen el principal rubro de exportación, con una participación de 16% en el total. En 1998, las exportaciones de software de Israel alcanzaron un valor estimado en 700 millones de dólares – cifra casi 10 veces superior al monto exportado a fines de los años ochenta.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Durante el período que va desde 1990 hasta 1996 esta industria creció impulsada por dos procesos: la popularización de Internet y la acción de las fuerzas armadas israelíes, que, merced a la intensificación de los problemas de seguridad, se convirtió en una suerte de incubadora de *entrepreneurs* y tecnologías que estaban varios años adelantadas en relación con el mercado civil. (Chudnovsky, López y Melitsko, 2001).

A su vez, el desarrollo de las comunicaciones vía Internet estimuló el surgimiento de nuevas firmas, creando para ellas grandes oportunidades; estos procesos también indujeron a las firmas ya existentes a adaptar sus estrategias a los nuevos modelos para poder competir en el mercado. Surgieron, además, muchas firmas vinculadas a la expansión del comercio electrónico.

En el 2001 según datos de la Israel Association of Software House Israel cuenta ya con 400 empresas de software que emplean alrededor de 15 000 personas y generan un ingreso de 4 100 millones de dólares. Respecto a las exportaciones de software, para el mismo año, alcanzaron un valor estimado en 3 000 millones de dólares y tuvieron como principal destino a EEUU, cuya participación se ubicó en el orden de 38%. Poco más de la tercera parte de las ventas al exterior van dirigidas a Europa Occidental (37%) mientras que los países del Extremo Oriente reciben 9% y las regiones de Asia Pacífico, África y Sudamérica tienen una contribución marginal.

Uno de los factores que influyó en el desarrollo de la industria de software en Israel fue la abundante disponibilidad de mano de obra calificada, que en este país se vio fomentada por la existencia de universidades de primer nivel y por el importante flujo migratorio (en particular proveniente de la ex Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas, URSS). Israel cuenta en la actualidad con una proporción de 135 científicos y técnicos por cada 10 000 habitantes, cifra muy elevada en la comparación internacional, incluso respecto de los países desarrollados (*Idem*, 2001).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Fuera de estos tres casos, que son los más estudiados y difundidos a nivel internacional, ha habido algunas otras experiencias de ingreso tardío, como mencionáramos anteriormente, pero que también demuestran un cierto dinamismo, en la industria de software y servicios informáticos, tal es el caso de Taiwán, China, Singapur, Tailandia, Corea, Malasia, Filipinas y Vietnam. Otros países como Vietnam con desarrollos relativamente menor está también adquiriendo relevancia en el sector. Corea, si bien facturó alrededor de 7 700 millones de dólares anuales, sus exportaciones son muy bajas y están mayoritariamente dirigidas a Estados Unidos y Japón. Singapur a partir de la decisión de Microsoft de centralizar la manufactura y distribución para el sudeste asiático tendrá una repercusión importante en el desarrollo de la industria. Las ventas del sector alcanzaron en 1997, 1 660 millones de dólares, y un 30% fueron de exportación. China, comenzó a desarrollarse alrededor de los años 80, y hoy ya cuenta con 5 000 firmas, con una facturación del orden de los 9 600 millones de dólares.

Si bien las experiencias más estudiadas para esta investigación, India, Irlanda e Israel aparecen como las más exitosas a nivel internacional, no están por ello exentas de factores que aún impiden su pleno desarrollo. En el caso de India la industria en su conjunto presenta poca capacidad innovativa, restándole al sector mayor dinamismo en un futuro cercano (D'Costa, 2000). El otro factor de incertidumbre que presenta este país, está en la competencia creciente de otras realidades respecto al costo de la mano de obra calificada. Países como Vietnam, reportan costos salariales que son la mitad de los vigentes en India, así como países europeos como Rusia y Rumania que también tienen costos salariales muchos bajos que la India.

En el caso de Irlanda se señala que: 1) hay un escaso desarrollo de actividades de I&D; ii) las empresas especializadas en servicios enfrentan una creciente competencia por parte de países con salarios más bajos; iii) el número de graduados en informática es insuficiente en función de la demanda pronosticada, y

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

se mencionan ciertas falencias respecto a su formación; iv) hay un escaso énfasis puesto en la formación de posgrado; v) las firmas locales exhiben debilidades en materia de distribución, capacidad de *management* y financiamiento; vi) también hay deficiencias serias en el área de ventas y *marketing* (estudio realizado por Price Waterhouse, 1999, citado por López, 2003).

## 2.5 La industria del software en América Latina

En el contexto latinoamericano, países como Brasil, Argentina, Uruguay y Costa Rica también muestran cierto dinamismo en la industria del software aunque de manera menos importante respecto a los países analizados anteriormente. Estas experiencias, como veremos en los próximos párrafos, se concentran algunas en el desarrollo del mercado interno (como Brasil y Argentina) y otras más vinculadas con las exportaciones e inserción internacional (como Uruguay y Costa Rica).

### a) Brasil

La industria brasileña del software es la más desarrollada de América Latina. Sin embargo, a diferencia del modelo hindú, la industria tiene algunas peculiaridades más bien vinculadas con un desarrollo muy ligado a un mercado interno. Las empresas locales conservan amplias franjas del mercado y presentan un elevado potencial de crecimiento. La creatividad y competencia de sus profesionales constituyen, además, otro de sus mayores puntos de fuerza que permiten competitividad e innovación.

El gobierno brasileño mostró un temprano interés en fomentar segmentos específicos de las TI en el marco de una política informática. Prueba de esto son los instrumentos implementados a través de diversas leyes<sup>9</sup>, cuyos objetivos

---

<sup>9</sup> La Ley 8 248/91 (Ley de Informática) de 1993 establecía que las empresas de hardware estarían exentas de diversos tipos de tasas e impuestos. Esta ley benefició a 428 empresas y generó recursos para I&D por 2.9 billones de reales, de los cuales 63% se destinó a investigación propia

fueron preservar y proteger la producción local, así como incentivar las actividades de I&D en la industria informática.

Como podemos observar en el cuadro 20, dentro de las TI el software (productos y servicios) es el sector más importante, representando en el 2001 el 42,6%.

**Cuadro 20**

LA INDUSTRIA DE TECNOLOGIA DE INFORMACION EN BRASIL						
VALORES EN MILLONES	2000			2001		
	R\$	US\$	%	R\$	US\$	%
Hardware	12.81	7.0	40.7	16.92	7.2	40.0
Servicios	5.5	3.0	17.5	7.38	3.1	17.5
Software (productos y servicios)	13.17	7.2	41.8	18	7.7	42.6
Productos empaquetados y embarcados	5.86	3.2	18.6	8.46	3.6	20.0
Servicios (desarrollo e integración, proveedores y consultorias)	7.31	4.0	23.2	9.54	4.1	22.6
Total de Tecnología de Información	31.48	17.2	100.0	42.3	18.0	100.0

Fuente: MIT et al. (2003) *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento. Brasil* p. 20

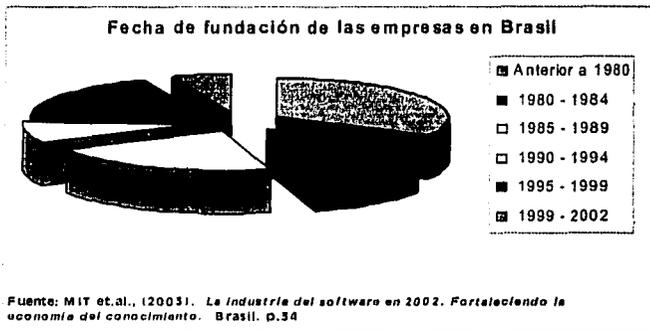
Los datos que aquí presentamos fueron el resultado de una investigación realizada en Brasil, en el marco de un proyecto "Fortaleciendo la economía del conocimiento" financiado por el MIT (Massachussets Institute of Technology) y la sociedad SOFTEX, realizado por un equipo de investigadores<sup>10</sup>, llevado a cabo en el año 2002. Se usaron datos recabados de entrevistas semi-estructuradas a 57 empresas seleccionadas entre las más competitivas del país y se tomó en cuenta informaciones cuantitativas brindadas por las mismas empresas. Las empresas seleccionadas estaban concentradas en la región sudeste del país (60%), seguidas de la región sur (28%), centro-oeste (9%) y noroeste (3%). La mayoría de las empresas encuestadas fueron creadas antes de 1990, una tercera parte antes de 1980 y 22% en el periodo posterior a la implantación del real como moneda (gráfica 1).

de las empresas y 33% a convenios con instituciones de investigación. Esta ley estuvo en vigencia hasta el año 2000, cuando fue modificado por la Ley 10 176/01, que mantuvo el mismo espíritu que la anterior, aunque modificó los porcentajes de los incentivos y definió mejor las regiones en donde sería obligatoriamente aplicada.

<sup>10</sup> Giancarlo Sefanuto; Prof. Márcio Spinosa; Prof. Antonio Junqueira Botelho; Prof. Francisco Veloso; Nelson Hochman; Bruno Giannelli; y Carolina Vaghetti.

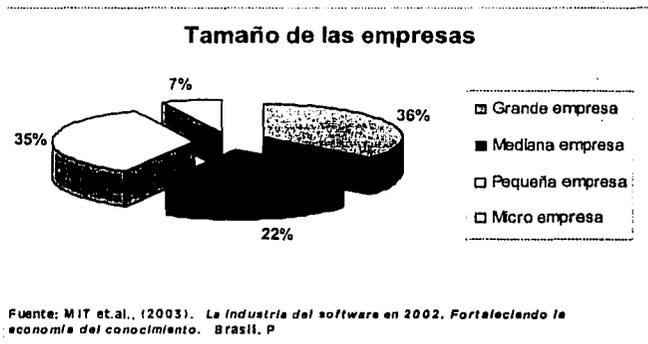
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Gráfica 1**



Respecto al tamaño de las empresas, consideradas para la muestra, (gráfica 2) existen porcentajes similares de grandes y pequeñas, con 36 y 35% respectivamente, es decir, más de dos terceras partes del total, mientras que las medianas representan 22% y las y microempresas apenas 7%.

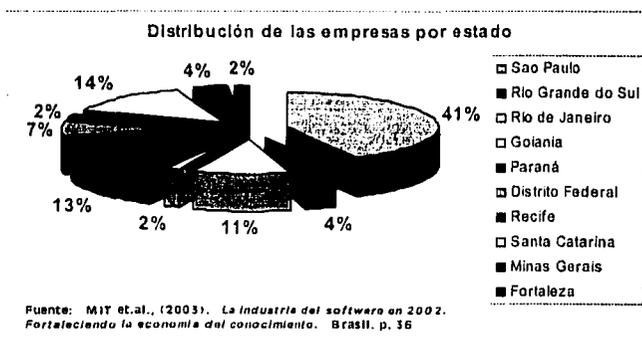
**Gráfica 2**



En 2001 estas empresas se concentraban como observamos en la gráfica 3 en las

regiones del sudeste y sur del país (59% y 22%). El crecimiento del mercado brasileño de software durante la década más reciente proporcionó una formidable expansión de empresas de software (desarrolladoras de programas, procesamiento de datos, creación de banca de datos) que pasó de 4 300 en 1994 a 5 400 en 2000, con un universo total de 10 700 empresas con actividades potenciales de software (siete mil en 1994). La mayoría de estas son microempresas (82%) y apenas 2% son grandes. De este universo, 2 398 son empresas desarrolladoras de software (*Idem.*, 2003).

**Gráfica 3**



En el cuadro 21 se pueden observar las principales características del mercado de software brasileño, cuya comercialización total en 2001 fue de 3 883 millones de dólares, y las exportaciones de 84,1 millones de dólares. A pesar de contar con el mayor mercado de software en América Latina (concentrando más de la tercera parte de las ventas totales en la región), pocas firmas brasileñas lograron una inserción exitosa en el mercado mundial.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 21**

FACTURACIÓN TOTAL DE SOFTWARE SEGUN TIPO DE EMPRESAS						
Origen de capital mayoritario	FACTURADOS		ENTREGADOS		EXPORTADOS	
	R\$ Millones	%		%	US\$ Millones	%
Nacional ( n=39 )	2,464.2	63.50	15,389	92.80	46.8	55.40
Extranjero ( n=6 )	1,418.8	36.50	1,189	7.20	37.3	44.00
<b>TOTAL</b>	<b>3,883.0</b>		<b>16,578</b>		<b>84.1</b>	
Cantidad por facturación						
Micro ( 4 )	2.7	0.07	51	0.30	0.6	0.80
Pequeña ( 14 )	85.9	2.20	1,666	10.00	23.2	27.60
Mediana ( 10 )	257.5	6.60	2,681	16.20	3.2	3.80
Grande ( 17 )	3,537	91.00	12,180	73.50	57.1	67.90
<b>TOTAL</b>	<b>3,883</b>		<b>16,578</b>		<b>84.1</b>	
Modelo de negocios						
Bulto	nd		nd		nd	
Embarcado/Componentes	511	13.10	4,003	24.00	63.8	75.90
Software a la medida	385	9.90	3,407	20.00	14.8	17.60
Servicio Alto Valor	2,423	62.40	3,563	21.40	4.3	5.20
Servicio Bajo Valor	563	14.50	5,605	33.80	1.2	1.40
<b>TOTAL</b>	<b>3,883.0</b>		<b>16,578</b>		<b>84.1</b>	

Fuente: MIT et al., (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil. p. 32

En el mismo periodo, el número de empleos del segmento de informática y actividades conexas, según datos de la encuesta citada para este estudio, pasó de 112 000 a 167 000 y en la industria de software de 121 000 a 158 000. Las empresas desarrolladoras tuvieron el crecimiento en número de empleados más alto con 45%. Por otra parte, las grandes empresas de software ocupan casi 60% de los empleos formales, seguidas por las pequeñas y microempresas.

Las principales áreas de actividades (cuadro 22) de la industria de software brasileña ponen de manifiesto las diversidades y especializaciones de competencias desarrolladas por las empresas.

**Cuadro 22**

PRINCIPALES AREAS DE ACTIVIDADES		
Sector de Actividad	Número de empresas	Porcentaje de Recursos Humanos
Integradores/Fábrica de Software	9	44%
Telecom	7	15%
Software de Elaboración integrada (ERPs)	5	12%
Software Bancario/Financiero	5	7%
E-Business/Contet Document Management	7	2%
Automatico Comercial	4	2%
Automatico Industrial	4	6%
Gubernamental	3	8%
Educación	2	2%
Abrir Software	2	0.5%
Nicho	3	2%
Otros	4	0.5%

Fuente: MIT et al., (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil. p 33

El costo de la mano de obra en la industria (cuadro 23) se encuentra dividido por regiones. El más alto se concentra en la región Sudeste, seguida por la Centro-Oeste (con 25%). Las grandes empresas emplean 73.5% del total de los empleados de la muestra, y las empresas medias alrededor de 16%. Los costos de la mano de obra reportados representan variaciones regionales muy significativas; tal es el caso de la región Sudeste, la cual cuenta con los costos más elevados. También de acuerdo con el tamaño de las empresas varían los costos de manera diferenciada. Las empresas más grandes tienen los costos más elevados, aunque la empresa mediana paga un valor más alto por los técnicos sénior (analistas de sistema o programadores). En los cuadros 23 y 24 se muestra el costo de la mano de obra tanto por región como por empresa.

Cuadro 23

COSTO DE MANO DE OBRA POR REGIÓN					
	Datos por región	Valores con US\$			
		Centro-oeste	Noreste	Sureste	Total
Directo	Técnico de Informática Junior	3.17	1.18	5.55	4.51
	Técnico de Informática Senior	6.65	4.96	10.18	8.67
	Programador Junior	4.76	0.00	5.44	5.67
	Programador Senior	6.71	0.00	9.74	9.39
	Analista de Sistemas junior	4.79	0.00	7.35	7.27
	Analista de Sistemas Senior	9.56	0.00	14.06	14.55
	Administrador de Red	9.64	0.00	12.62	11.04
	Administrador de Banco de Datos	11.45	6.15	13.78	12.48
Indirecto	Técnico de Informática Junior	2.13	0.00	5.49	4.65
	Técnico de Informática Senior	5.32	0.00	8.84	7.96
	Programador Junior	4.02	0.00	5.89	5.42
	Programador Senior	8.27	0.00	9.33	8.77
	Analista de Sistemas junior	7.33	0.00	7.42	7.30
	Analista de Sistemas Senior	21.39	0.00	13.14	15.08
	Administrados de Red	12.65	0.00	10.83	11.09
	Administrador de Banco de Datos	11.94	0.00	13.57	13.54

Fuente: MIT et al., (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil. p.41

Cuadro 24

COSTO DE MANO DE OBRA POR EMPRESA *					
	Datos por Empresa	Valores con US\$			
		Grande	Media	Pequeña	Micro
Directo	Técnico de Informática Junior	5.23	4.65	3.44	0.00
	Técnico de Informática Senior	10.81	7.87	5.73	9.45
	Programador Junior	5.31	6.25	5.86	4.98
	Programador Senior	9.31	12.94	8.06	7.69
	Analista de Sistemas junior	7.82	7.80	6.73	5.38
	Analista de Sistemas Senior	15.38	17.13	13.13	11.29
	Administrador de Red	13.57	9.89	8.01	0.00
	Administrador de Banco de Datos	13.91	13.98	9.31	0.00
Indirecto	Técnico de Informática Junior	2.76	6.54	0.00	0.00
	Técnico de Informática Senior	4.58	11.34	0.00	0.00
	Programador Junior	4.60	8.04	4.85	4.32
	Programador Senior	8.44	16.07	5.98	7.13
	Analista de Sistemas junior	7.04	8.56	6.33	6.92
	Analista de Sistemas Senior	13.94	19.44	10.99	17.03
	Administrados de Red	11.66	13.13	0.00	4.73
	Administrador de Banco de Datos	14.22	15.35	16.55	8.86

Fuente: MIT et al., (2003) *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil. p.42

Nota\* Los valores referentes al costo de contratación, o sea, lo que pagan las empresas a sus trabajadores por hora incluidos encargos, considerando un tipo de cambio de 1 Dólar a 2.35 R\$

En cuanto los sistemas de procesos de certificación de calidad, a pesar de que todas las empresas analizadas en la investigación disponen de una metodología para el desarrollo de los procesos, se observa que sólo una pequeña parcela posee certificación de CMM. Todas las de mayor nivel de CMM son multinacionales.

**Gráfica 4**



Fuente: MIT et.al., (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento.* Brasil, p.49

La mayoría de las empresas con certificación está asociada a productos. Las compañías de servicios emplean métodos propios, pero sin ninguna certificación formalizada. En el cuadro 25 se evidencia que el conjunto de empresas productoras de software embebido y empaquetado posee 80% de las certificaciones.

**Cuadro 25**

MADURACION DE PROCESO POR MODELO DE NEGOCIO				
Modelo de Negocio	Poseer Metodología (sin certificado)	Certificado CMM e ISO	Certificado CMM >= 3	Número de Empresas
Embebido	8	4	4	16
Empaquetado	2	9	-	11
Servicio valor elevado	11	1	1	13
Servicio valor bajo	1	2	-	3
Número de Empresas	22	16	5	43

Fuente: MIT et.al., (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento.* Brasil, p.49

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Concluyendo podemos señalar que la industria del software en Brasil abastece fundamentalmente al mercado interno, aunque a partir de los años noventa empezó a abrirse a las exportaciones e inversiones del capital trasnacional.

Las empresas desarrolladoras de software en Brasil enfocan su producción en áreas de mercado que son competitivas mundialmente. Tal es el caso del segmento bancario, las telecomunicaciones e infraestructura energética, así como para el desarrollo de necesidades del gobierno. Existe una experiencia importante por parte de las empresas locales en relación con el desarrollo de servicios e integración de sistemas de elevado nivel, tanto para el gobierno como para el sector privado, industrial y de servicios.

Otra de las fortalezas de la industria local es la experimentación con el mercado de productos. Existe un grupo de empresas –micro y pequeñas– que se ubica de manera clara en el mercado de productos de software a la medida, componentes de software y software embebido, y ha alcanzado una gran madurez tecnológica, ya sea para el mercado nacional como para el extranjero.

Otra característica de algunas empresas es que están trabajando para transformar su experiencia y conocimientos acumulados en prestación de servicios. También es importante en Brasil la experimentación que están realizando algunas empresas para el desarrollo de software en comercio electrónico.

Brasil presenta una gran competitividad en sus costos de mano de obra, con lo que se hace atractivo para la subcontratación desde el exterior, particularmente desde los Estados Unidos y Europa.

En Brasil existe una gran diversidad de culturas y una presencia importante de comunidades de inmigrantes de muchos países de Europa y Asia (particularmente de Japón). Este factor puede tener un impacto relevante en el establecimiento de relaciones y contratación externas.

A pesar de la fuerte incidencia en el mercado de software de América Latina, se estuvo lejos de alcanzar la meta fijada en 1993, cuando se introdujo el programa promocional denominado Softex, de capturar a nivel mundial el 1% del mercado de software y el 50% del mercado interno para el año 2000. El monto total exportado apenas alcanzó los 80 millones de dólares en el 2001, aunque esto puede atribuirse en gran parte a las desfavorables condiciones cambiarias sobrevaluadas del Real que prevalecieron durante la mayor parte de la década de los noventa.

Existe en Brasil una gran cantidad de software producido cautivamente dentro de las empresas –principalmente de los grandes bancos privados y del gobierno federal. Esto frena el desarrollo de un mercado nacional amplio<sup>11</sup>.

Brasil cuenta con una fuerte carga tributaria para el empleo, que impacta algunas empresas con gran presencia de recursos humanos, como es el caso de las empresas de servicios.

Otra dimensión que indica ciertas debilidades en la industria de software brasileño es su estructura industrial. A pesar de que muchas empresas existen desde hace más de 12 años, su experiencia en un mercado abierto se inicia en 1990. Cuenta con un déficit de empresas grandes, capaces de hacer frente a los gigantes internacionales. La dinámica de cooperación entre empresas es baja, aspecto que se manifiesta por el poco número de acuerdos entre ellas. La cuestión de la certificación no es tan relevante en la mayoría de las empresas.

Los aspectos financieros afectan también el desarrollo de la industria de software, que está asociada a productos intangibles, lo cual limita sus capacidades de dar garantías reales a los inversionistas, pues su financiamiento es difícil. La experiencia con capitales de riesgo es reciente.

---

<sup>11</sup> Según datos obtenidos de manera informal, en una entrevista realizada a miembros del equipo de investigación, esta cifra, llega aproximadamente a un 40% de la producción.

Otro de los aspectos que vale la pena mencionar es la política de bajo perfil que existe en Brasil respecto de la industria. Después de una política intensa y con resultados discutibles respecto del desarrollo de hardware, el gobierno no parece demostrar mucho empeño en el desarrollo de la industria de software. Este interés limitado se refleja en aspectos tales como la escasez de estímulos tributarios, falta de coordinación interinstitucional y ausencia de incentivos específicos para el desarrollo de algunos segmentos de mercado importantes para la industria en Brasil, como es el caso de los servicios.

## **b) Argentina**

Otro país que cuenta con una importante industria del software es Argentina, la cual, como la brasileña, también está orientada al mercado interno. Sin embargo, a diferencia de lo sucedido con Brasil, la industria argentina se ha desarrollado sin ningún apoyo del gobierno.

En Argentina, según la Encuesta Nacional de Software y Servicios Informáticos, realizada en el año 2000 (Chudnovsky, López y Melitsko, 2001), la industria de software y de servicios informáticos incrementó su facturación en 40% de 1998 a 2000, a pesar de la crisis económica existente, ya que las ventas totales alcanzaron los 2 000 millones de dólares, de los cuales 35 millones son de exportación. Según el documento, se calcula que en el país existen unas 500 empresas de software y servicios, y alrededor de 300 compañías desarrolladoras de software. Estas cifras no consideran a las firmas que distribuyen software importado o prestan servicios de asistencia. En su conjunto, esta industria genera empleo para unas 14 500 personas y su facturación acumulada llega a unos 415 millones de dólares.

De las 500 empresas existentes, se tomaron en consideración para realizar la encuesta 98 firmas, de las cuales 14 cuentan con participación mayoritaria de capitales extranjeros. Cinco de estas compañías eran, originariamente,

productoras locales que luego se fusionaron o fueron adquiridas por firmas extranjeras, mientras que las restantes son filiales de empresas multinacionales vinculadas al sector de las TIC. Como se puede observar en el cuadro 26, se trata por lo general de compañías que comenzaron sus actividades en años recientes: la mayoría se crearon en 1990 y muy pocas se fundaron antes de los años ochenta.

**Cuadro 26**

**DISTRIBUCIÓN DE LAS FIRMAS POR EDADES  
(Número de empresas y porcentajes)**

Año de fundación	Número de empresas	Participación en la muestra
Antes de 1980	8	8%
1980-1984	14	14%
1985-1989	12	12%
1990-1994	37	38%
1995-1999	22	22%
2000	5	5%
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100%</b>

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko. (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

La mayoría de firmas encuestadas se encuentran concentradas en la Capital Federal, según observamos en el cuadro 27, sólo algunas provincias, como Buenos Aires, Córdoba y Santa Fe, son sede de algunas empresas; otras participan de manera muy aislada: Mendoza, San Juan, Chubut, Salta y Jujuy.

Cuadro 27

**DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS FIRMAS  
(Número de empresas y porcentajes)**

Provincia	Número de empresas	Participación en la muestra
Capital Federal	72	73.5%
Provincia Buenos Aires	7	7.1%
Santa Fe	7	7.1%
Córdoba	6	6.1%
San Juan	2	2.0%
Mendoza		1.0%
Jujuy	1	1.0%
Chubut	1	1.0%
Salta	1	1.0%
<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100.0%</b>

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko. (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

Para los datos del empleo y la facturación en el sector (cuadro 28) la encuesta consideró otras fuentes,<sup>12</sup> por lo cual la muestra se refiere a 128 firmas para los datos sobre el empleo y 110 para los datos sobre la facturación. La facturación de las empresas de software y de servicios informáticos (SSI) tomadas en cuenta alcanzó los 633 millones de dólares en el año 2000. El personal ocupado fue de 6 400 trabajadores. Es necesario subrayar que, dentro de estos totales, las empresas extranjeras participan concentrando las dos terceras partes de la facturación y 42% del empleo. Las firmas grandes con más de 50 empleados representan 86% de la facturación total. Por actividad se destaca los proveedores de servicios (46%), seguido por distribuidores de producción extranjera (37%). La producción local aparece sólo con un 18%.

<sup>12</sup> IAD (2000) *Revista Mercado y Prensa Económica*. Varios números, Cit. Ob. Cit. p. 45.

Cuadro 28

**FACTURACIÓN, EMPLEO Y EXPORTACIONES DE LAS FIRMAS  
RELEVANTES. 2000**

**(Millones de dólares, número de empleados y porcentajes)**

Por origen	Facturación		Empleo		Exportaciones	
	MUS\$	Participación	Número	Participación	MUS\$	Participación
Empresas extranjeras	415.1	66%	2 702	42%	10.5	73%
Empresas nacionales	217.4	34%	3 697	58%	3.9	27%
<b>TOTAL</b>	<b>632.6</b>	<b>100%</b>	<b>6 399</b>	<b>100%</b>	<b>14.4</b>	<b>100%</b>
Por tamaño						
Grandes <sup>1</sup>	544.2	86%	4 598	72%	10.1	70%
Medianas <sup>2</sup>	74.5	12%	1 340	21%	3.9	27%
Pequeñas <sup>3</sup>	13.9	2%	461	7%	0.4	3%
<b>TOTAL</b>	<b>632.6</b>	<b>100%</b>	<b>6 399</b>	<b>100%</b>	<b>14.4</b>	<b>100%</b>
Por actividad						
Oferentes de prod. locales <sup>4</sup>	112.3	18%	2 082	33%	10.8	75%
Oferentes de prod. extr. <sup>5</sup>	231.9	37%	1 164	18%	0.0	0%
Proveedores de servicios <sup>6</sup>	288.3	46%	3 153	49%	3.6	25%
<b>TOTAL</b>	<b>632.6</b>	<b>100%</b>	<b>6 399</b>	<b>100%</b>	<b>14.4</b>	<b>100%</b>

1: 50 empleados o más.

2: Entre 10 y 50 empleados.

3: 10 empleados o menos.

4: Firmas (locales y extranjeras) cuya actividad principal en el área de SSI es el desarrollo de productos de software en Argentina.

5: Empresas (locales y extranjeras) cuya actividad principal en el área de SSI es la comercialización y distribución de productos de software desarrollados en el exterior.

6: Compañías (locales y extranjeras) cuya actividad principal en el área de SSI es la provisión de servicios profesionales (desarrollos a medida, implementación e integración de soluciones, consultoría de software, etcétera).

Fuente: *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*. Chudnovsky, López y Melitsko, 2001.

También se puede observar en el cuadro 29 que la mitad de la facturación proviene de la venta de productos de software (desarrollados en el país sólo el 17% y desarrollados en el exterior 32%); el resto corresponde a servicios (51%).

Cuadro 29

**COMPOSICIÓN DE LA FACTURACIÓN DEL SECTOR DE SSI. 2000**  
(Millones de dólares y porcentajes)

Actividad	Firmas encuestadas (mill. de US\$)	Total del sector – estimado– (mill. de US\$)	Participación en la facturación
Venta de productos de software	323.2	973	49%
• desarrollados en Argentina	109.9	346	17%
• desarrollados en el exterior	199.3	627	32%
Venta de servicios profesionales	323.4	1017	51%
<i>Ventas totales</i>	<i>632.6</i>	<i>1990</i>	<i>100%</i>
Exportaciones	14.4	35	-

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko. (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

Las firmas que proveen servicios profesionales están claramente orientadas a las grandes empresas, que representan, como se observa en el cuadro siguiente, (cuadro 30) 77% de sus ventas, y en menor medida al sector público; la importancia de las PYMES es marginal. Para los desarrolladores de software (nacionales o extranjeros), la participación de las grandes empresas es algo menor, pero son también, aunque en menor escala, la principal fuente de sus ingresos. Sin embargo en este rubro aumentan los usuarios PYMES (37%) realizadas por filiales o distribuidores de productos extranjeros y un (29%) registran los desarrolladores locales.

Cuadro 30

**COMPOSICIÓN DE LA FACTURACIÓN POR USUARIO  
(Porcentajes)**

	Total	Productos locales	Productos extranjeros	Servicios profesionales	Grandes	Medianas	Pequeñas
Hogar	1%	0%	6%	0%	1%	0%	10%
PYMES	16%	29%	37%	3%	15%	17%	55%
Grandes empresas	66%	55%	50%	77%	66%	74%	32%
Gobierno	16%	16%	7%	19%	18%	7%	2%
Otros	1%	0%	1%	1%	0%	2%	0%
<b>TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko. (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

Para poder estimar el gasto en software y servicios informáticos realizado por el sector manufacturero, se tomó en consideración una encuesta realizada por INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) de 1998, a 1639 firmas manufactureras que representaban el 54% de la facturación, el 50% del empleo y el 61% de las exportaciones de la industria argentina, la cual provee una estimación del gasto total de la industria en software y servicios informáticos en 1996, el cual se habría aproximado a los 160 millones de dólares. Sobre estas bases, las erogaciones en programas de software habrían llegado a los 56 millones de dólares. Dentro del sector manufacturero, siempre en 1996, cuatro ramas acaparaban el 50% del gasto en software y servicios informáticos: alimentos (18%), productos químicos (15%), maquinaria eléctrica (10%) y siderurgia (7%) (cuadro 31) ((Chudnovsky, López y Melitsko, 2001).

Cuadro 31

**GASTO EN TI DE LAS FIRMAS MANUFACTURERAS POR SECTOR. 1996**  
(Millones de dólares y porcentajes)

Sector	Gasto (millones de dólares)	% total
Alimentos	15.2	18%
Productos químicos	12.5	15%
Maquinaria eléctrica	8.5	10%
Siderúrgica	5.5	7%
Bebidas	4.7	6%
Refinería de petróleo	4.4	5%
Caucho y plásticos	4.3	5%
Automotriz	3.8	4%
Edición e impresión	3.3	4%
Textiles	3.0	4%
Celulosa y papel	2.9	3%
Tabaco	2.8	3%
Autopartes	2.5	3%
Maquinaria no eléctrica	1.6	2%
Electrodomésticos	1.5	2%
Cuero y calzados	0.9	1%
Otros	6.5	8%
<b>Total</b>	<b>83.6</b>	<b>100%</b>

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko. (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

En cuanto a las formas de comercialización, según el cuadro 32, la mayoría de las compañías recurre al contacto directo con los clientes y, en menor medida, a la consultoría. La subcontratación es poco utilizada por las empresas de esta industria. Un dato que resulta sorprendente es que las firmas pequeñas usan Internet como vehículo de comercialización de sus productos.

Cuadro 32

**FORMAS DE COMERCIALIZACIÓN**  
(Número de firmas y porcentajes)

	Grandes		Medianas		Pequeñas		Total	
	Núm. firmas	%	Núm. firmas	%	Núm. Firmas	%	Núm. firmas	%
Contacto directo con el cliente	19	100%	45	100%	19	79%	84	95%
Consultoría	12	63%	29	64%	16	67%	57	65%
Internet	5	26%	9	20%	10	42%	24	27%
Distribuidor mayorista	4	21%	8	18%	3	13%	15	17%
Subcontratista	3	16%	9	20%	3	13%	15	17%
Otros	4	21%	3	7%	2	8%	9	10%

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

La mayor parte de los recursos humanos de las empresas de software y servicios informáticos (cuadro 33) se emplea en el área de desarrollo (34%). Un porcentaje menor se dedica a brindar servicios de consultoría e implementación (21%), y soporte técnico (20%).

**Cuadro 33**  
**DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR ÁREA, SEGÚN TIPO DE EMPRESA**  
**(Número de empleados y porcentajes)**

Área	Total		Firmas grandes		Firmas medianas		Firmas pequeñas	
	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%
Desarrollo	1 310	34%	834	32%	433	38%	43	38%
Consultoría e implementación	801	21%	574	22%	216	19%	11	10%
Soporte técnico	755	20%	621	24%	117	10%	17	15%
Comercialización y ventas	388	10%	255	10%	115	10%	18	16%
Administración	346	9%	222	8%	107	9%	17	15%
Capacitación	80	2%	38	1%	36	3%	6	5%
Otros	185	5%	80	3%	103	9%	2	2%
<b>TOTAL</b>	<b>3 865</b>	<b>100%</b>	<b>2 624</b>	<b>100%</b>	<b>1 127</b>	<b>100%</b>	<b>114</b>	<b>100%</b>

Área	Total		Productos locales		Productos extranjeros		Servicios profesionales	
	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%
Desarrollo	1 310	34%	391	36%	0	0%	919	35%
Consultoría e implementación	801	21%	205	19%	31	24%	565	21%
Soporte técnico	755	20%	133	12%	25	20%	597	22%
Comercialización y ventas	388	10%	149	14%	61	48%	178	7%
Administración	346	9%	125	12%	9	7%	212	8%
Capacitación	80	2%	35	3%	1	1%	44	2%
Otros	185	5%	41	4%	0	0%	144	5%
<b>TOTAL</b>	<b>3 865</b>	<b>100%</b>	<b>1 079</b>	<b>100%</b>	<b>127</b>	<b>100%</b>	<b>2 659</b>	<b>100%</b>

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

El desarrollo de software es una actividad intensiva en recursos humanos calificados. Como se puede ver, en el cuadro 34, el 45% del personal son graduados universitarios, y 37% estudiantes y técnicos. Alrededor de 70% del personal ocupado con títulos de grado y posgrado proviene de carreras informáticas. Las firmas extranjeras tienen menor personal con formación en el área informática, coherente con su función de no desarrollar software en el país sino solamente distribuir. Se destaca un bajo porcentaje de empleados con posgrado en informática (2% del empleo total).

**Cuadro 34**  
**DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR NIVEL DE CALIFICACIÓN, SEGÚN**  
**TIPO DE EMPRESA**  
**(Número de empleados y porcentajes)**

Calificación	Total		Firmas grandes		Firmas medianas		Firmas pequeñas	
	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%
Graduados en informática	970	30%	588	28%	356	34%	26	25%
Graduados en otras carreras	406	13%	226	11%	156	15%	24	23%
Posgrados en informática	66	2%	37	2%	27	3%	2	2%
Otros posgrados	61	2%	45	2%	16	2%	0	0%
Estudiantes de informática	758	24%	529	26%	214	20%	15	15%
Estudiantes de otras carreras	65	2%	44	2%	21	2%	0	0%
Técnicos en informática	351	11%	266	13%	76	7%	9	9%
Otros	543	17%	337	16%	179	17%	27	26%
<b>TOTAL</b>	<b>3 220</b>	<b>100%</b>	<b>2 072</b>	<b>100%</b>	<b>1 045</b>	<b>100%</b>	<b>103</b>	<b>100%</b>

Calificación	Total		Productos Locales		Productos extranjeros		Servicios profesionales	
	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%	Núm. emp.	%
Graduados en informática	970	30%	362	30%	32	25%	576	31%
Graduados en otras carreras	406	13%	162	13%	25	20%	219	12%
Posgrados en informática	66	2%	30	2%	5	4%	31	2%
Otros posgrados	61	2%	10	1%	10	8%	41	2%
Estudiantes de informática	758	24%	229	19%	4	3%	525	28%
Estudiantes de otras carreras	65	2%	4	0%	0	0%	61	3%
Técnicos en informática	351	11%	133	11%	16	13%	202	11%
Otros	543	17%	281	23%	36	28%	226	12%
<b>TOTAL</b>	<b>3 220</b>	<b>100%</b>	<b>1 211</b>	<b>100%</b>	<b>128</b>	<b>100%</b>	<b>1 881</b>	<b>100%</b>

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

En cuanto a las áreas de aplicación, las conclusiones arrojadas por dicho estudio y otros citados por los autores (IAD, 2000; Correa, 1996, cit. p. 60) señalan que entre los desarrolladores locales de productos de software existe un alto grado de concentración en las áreas de contabilidad y gestión empresarial. Las aplicaciones de tipo ERP, el manejo de compras y proveedores, la gestión contable y de recursos humanos son los programas más solicitados. En el caso de los

proveedores de servicios, el grupo *e-commerce* ha tenido un crecimiento importante durante los años recientes en Argentina.

Respecto de las industrias o sectores económicos abastecidos, la mayoría de las empresas que desarrollan software en el país comercializan aplicaciones orientadas al sector bancario y financiero (45%), comercio y supermercados (42%), salud y telecomunicaciones (37%) y administración pública (32 por ciento), según podemos observar en el cuadro 35. Estas cifras aumentan cuando se trata de productos extranjeros.

**Cuadro 35**  
**ÁREA DE APLICACIÓN DEL SOFTWARE**  
**(Porcentajes)**

<i>Segmento vertical</i>	Total	Productos locales	Productos extranjeros	Servicios
Bancos y sector financiero	50%	45%	80%	51%
Telecomunicaciones	43%	37%	80%	44%
Comercios y supermercados	40%	42%	60%	36%
Salud	39%	37%	80%	36%
Administración pública	32%	32%	60%	29%
Agronegocios	22%	21%	40%	20%
Automatización industrial	18%	16%	40%	18%
Educación	16%	14%	60%	16%
Entretenimiento	15%	11%	40%	16%
<i>Segmento horizontal</i>				
Gestión empresarial (ERP)	49%	50%	60%	47%
Compras y proveedores	48%	50%	40%	47%
E-commerce	48%	42%	40%	53%
Contabilidad	41%	42%	40%	40%
Recursos humanos	35%	32%	20%	40%
Sistemas de producción	33%	26%	40%	38%
Logística	27%	26%	40%	27%
Auditoría	14%	11%	20%	16%
Comercio exterior	11%	8%	20%	13%
<i>Programas de uso genérico</i>				
Acceso a Internet	20%	24%	60%	13%
Herramientas de programación	19%	18%	40%	18%
Administración de redes	15%	8%	60%	16%
Sistema operativo	15%	18%	40%	9%
Correo electrónico	13%	8%	60%	11%
Antivirus	11%	11%	60%	7%
Planilla de cálculo	9%	8%	60%	4%
Procesador de texto	8%	5%	60%	4%
Directorio	5%	3%	40%	2%

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko (2001) *El sector de software y servicios informáticos en la Argentina*.

Con base en la investigación realizada por los autores citados (Chudnovsky, López y Melitsko, 2001), se pudo observar que la mayor parte del grupo de la muestra lo constituyen firmas que se dedican a la prestación de servicios (absorben casi la mitad del empleo y facturación sectorial). Le sigue un grupo de

empresas cuya actividad principal es comercializar software producido en el extranjero. Finalmente, destacan las empresas desarrolladoras de software local orientadas al mercado interno.

Se destaca la calidad de los recursos humanos con que cuenta el país. La formación universitaria en informática e ingeniería de sistemas es satisfactoria. Sin embargo, son pocos los profesionales con posgrados. La falta de personal altamente calificado podría convertirse en un obstáculo para la expansión de esta industria.

La Argentina cuenta con una buena infraestructura en telecomunicaciones, por encima del promedio latinoamericano en cuanto a la penetración de las TIC, aunque otros países de la región, tales como Uruguay, Brasil, Chile o México, presentan indicadores comparables o incluso superiores en cierto caso. Sin embargo, en la década de los noventa este subsector se expandió fuertemente de manera heterogénea, tanto en los hogares como en el sector empresario privado y el Estado.

El mercado interno ofrece una base razonable para las firmas que quieren desarrollarse en el sector, sin embargo, en el proceso de la comercialización de productos, su tamaño es relativamente pequeño para recuperar la inversión. La pequeña demanda del mercado interno hace que las firmas no se especialicen en sectores y presenten una gran flexibilidad en la producción de productos y servicios.

Las empresas extranjeras establecidas en el país se encuentran allí para distribuir sus productos. Las empresas nacionales se orientan al mercado interno y tienen poco interés en la exportación.

En la actualidad, el costo laboral es un factor favorable. En el momento en que se realizó la encuesta, había paridad del dólar con el peso argentino, lo que

representaba uno de los factores más desfavorables con que contaba Argentina. Ahora, después de la devaluación de enero de 2002, se vuelve un país competitivo.

Un factor negativo es el acceso al financiamiento. Las firmas –en particular las pequeñas– tienen dificultades para acceder al mercado financiero formal. El mercado local de capitales está poco desarrollado y hay una ausencia de mecanismos de financiamientos alternativos, tales como capital de riesgo.

Son muy débiles las instituciones dedicadas a la investigación y asistencia técnica. En las universidades no se hace investigación y desarrollo (I&D) en software y no existen importantes redes en el territorio entre la industria y las universidades ni entre otras instituciones de investigación.

Por otra parte no existen grandes incentivos fiscales para esta industria. El caso de Motorola es el único que se destaca ya que el gobierno de Córdoba, es quién más ha avanzado más en el diseño de una política de incentivos para atraer empresas de alta tecnología.

Los autores de la investigación citada señalan que en Argentina no han existido políticas de incubación de empresas. Fuera de las relaciones basadas en la comercialización de productos de terceros, parece haber un escaso grado de "asociatividad" y cooperación entre las firmas del sector.

### **c) Uruguay**

Otro de los países pequeños que más se destaca en la producción latinoamericana de software es Uruguay, que ha desarrollado una industria principalmente basada en la exportación.

Dentro de las TI, el software presenta expectativas de crecimiento y dinamismo

muy superior a otras ramas de la economía. La producción de software ha tenido un crecimiento continuo desde mediados de la década de los ochenta y ha crecido con más intensidad que los otros segmentos en los cinco años más recientes.

En 1989 esta industria facturaba ocho millones de dólares y una década después alcanzaba aproximadamente 240 millones de dólares. Las exportaciones que en 1989 no sobrepasaban los 250 000 dólares, ya en 1993 superaban los 4.5 millones y actualmente se estiman en 75 millones de dólares anuales. En 1998 se exportó por un valor de 60 millones de dólares. Un año después, las exportaciones crecieron 28.1% y llegaron a 76.8 millones de dólares. En el 2000 crecieron 3.4%, lo que significó un ingreso de 79.4 millones de dólares<sup>13</sup>, que es un monto similar al de las exportaciones brasileñas a pesar de provenir de una economía veinte veces más pequeña.

El grupo de empresas exportadoras de software incrementó su propensión exportadora de 51.5% en 1998 a 60% en 2000; esto significa que obtienen en el exterior 60% de todos los ingresos. Esto probablemente refleje las dificultades que la recesión provocó en el mercado interno.

La proporción exportaciones/ventas es menor, para el conjunto de la industria, cuando se incluyen en los cálculos las empresas que no exportan. Anteriores estimaciones ubicaban ese valor en 33 por ciento.

El principal destino de las exportaciones de software es América del Sur, como podemos observar en el cuadro 36, que representa 64.3%, de acuerdo con las cifras del año 2000. Argentina, Colombia, Brasil y Chile son los más importantes mercados de destino. Esto indica que la expansión exportadora de la industria del software de Uruguay comenzó por los países más cercanos y con mayor proximidad cultural.

---

<sup>13</sup> Los datos básicos socioeconómicos de Uruguay se encuentran disponibles en Internet en: [www.iadb.org/intl/spanisch/statchp.htm](http://www.iadb.org/intl/spanisch/statchp.htm).

Sin embargo, esa expansión traspasó la región más próxima. Se vende o utiliza software uruguayo o profesionales uruguayos realizan consultoría en informática en los países de América Central y el Caribe (13.3% de las exportaciones), México (8.4%), Europa Central, Israel y en destinos más alejados, como Filipinas o Sudáfrica. El software uruguayo ha ingresado también en los países desarrollados. Estados Unidos, Canadá, Alemania y España son mercados que también generan ingresos importantes para las empresas uruguayas de tecnologías de la información.

**Cuadro 36**

EXPORTACIONES 2000 - POR PAISES/RÉGIONES DE DESTINO		
Países de destino	Exportaciones en Millones U\$S	(%) del total exportado
Argentina	20.710	26,1
Colombia	9.840	12,4
Brasil	8.430	10,6
Chile	5.900	7,4
Perú	2.410	3,0
Otros Sudamérica*	3.780	4,8
Subtotal	51.070	64,3
Centro América y Caribe	10.560	13,3
México	6.690	8,4
Estados Unidos	3310	4,2
Canadá	0.160	0,2
Subtotal	20.720	26,1
España	3.240	4,1
Alemania	1.490	1,9
Otros Europa**	0.560	0,7
Subtotal	5.290	6,7
Israel	0.650	0,8
Filipinas	0.820	1
África***	0.880	1,1
Subtotal	2.350	2,9
<b>Total</b>	<b>79.430</b>	<b>100,0</b>

\*Incluye: Paraguay, Bolivia, Ecuador y Venezuela.

\*\*Incluye: Italia, Rusia, Moldavia.

\*\*\*Incluye: Sudáfrica y Kenya.

Fuente: Encuesta de la cámara Uruguaya de Tecnologías de la Información, dirigida por el Ec. Luis Stolovich

La expansión exportadora de la industria uruguayaya del software se apoyó, en varios casos, en la creación de filiales o empresas asociadas en el exterior, lo que

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

permite una mayor proximidad con los potenciales clientes (cuestión fundamental en una actividad que exige de consultorías, apoyo técnico, incrustación de sistemas, etc.). Existen al menos 14 firmas de software en el exterior que son filiales de compañías uruguayas o que tienen participación accionaria de empresas de este país.

La expansión ha sido liderada por un grupo de unas 15 empresas locales que lograron insertarse exitosamente en el mercado internacional. Entre ellas se destacan Artech, cuyo software Genexus genera 10 millones de dólares anuales sólo en concepto de derechos de autor, y la innovadora Deasoft, que cuenta con una amplia red de distribuidores internacionales y socios a través de la cual busca posicionarse en los mercados más exigentes. En el rubro de servicios se destacan Quanam, empresa que logró insertarse exitosamente en el mercado argentino ofreciendo consultoría e implementación de tecnologías de la firma Peoplesoft, uno de los principales proveedores internacionales de productos empresariales (Chudnovsky, López y Melitko, 2001).

En su mayoría, las firmas radicadas en el exterior, como podemos observar en el cuadro 37 se encuentran en América del Sur y, principalmente, en Argentina. Pero también hay empresas de esta naturaleza en México y Alemania.

**Cuadro 37**

INDUSTRIA URUGUAYA DEL SOFTWARE - FILIALES O EMPRESAS ASOCIADAS EN EL EXTERIOR	
Pais	Número de filiales o asociadas
Argentina	6
Colombia	1
Chile	2
Perú	1
Paraguay	1
Subtotal	11
México	2
Alemania	1
<b>Total</b>	<b>14</b>

Fuente: Encuesta de la Cámara Uruguaya de Tecnologías de la Información, dirigida por el Ec. Luis Stolovich.



Sin embargo, en Uruguay hay unas 450 firmas en la industria informática, de las cuales unas 250 se dedican al desarrollo de software. Se trata de un grupo de empresas medianas y pequeñas con potencial para la exportación, y un conjunto de microempresas, con buena base de formación profesional, pero que presentan diversas carencias en materia de gestión empresarial y financiera, lo cual limita sus posibilidades de acceso a la exportación.

Existe además un gran número de profesionales independientes que trabajan en actividades de consultoría y asesoramiento, sin una estructura empresarial consolidada. Uruguay cuenta con un buen nivel educativo y de formación profesional. Actualmente, entre las carreras terciarias cortas y las universitarias completas se gradúan unos 180 profesionales de las TI por año, quienes egresan de las tres principales universidades de Montevideo (Universidad ORT, Universidad de la República y Universidad Católica). En los siete años más recientes, en estas universidades se han graduado alrededor de 850 estudiantes en ingeniería de sistemas, análisis de sistemas y programación, y otros más de 400 en *tecnicaturas* más cortas (de dos a tres años de duración en las mismas áreas). El sector de software y servicios informáticos emplea de 2 500 a 3000 personas.

De las 250 empresas que se encuentran en el territorio, 170 están asociadas a la Cámara Uruguaya del Software con la siguiente distribución:

- 70 empresas emplean entre una y cuatro personas.
- 66 tienen entre cinco y 20 empleados.
- Y el resto emplean a más de 20 trabajadores.

El tipo de productos y servicios que producen es amplio. Algunas de las empresas producen "alta tecnología" (herramientas para el desarrollo de software), otras se

dedican exclusivamente a la producción de aplicaciones; en otras la actividad fundamental es la consultoría en el mercado interno. También se encuentran algunas firmas especializadas en servicios complementarios esenciales para la industria de software (por ejemplo: comunicaciones, respuesta audible, conectividad a cajeros automáticos, terminales de punto de venta, autorización de tarjetas de crédito *on-line*, presentaciones multimedia, CD ROM, etc. Diversos productos, como software para farmacias y casas de cambio, así como los mercados pequeños para las grandes empresas de software se transformaron en historias de éxito comercial.

En el área de las telecomunicaciones, el país posee una digitalización de cien por ciento de su red y la cantidad de teléfonos por habitante (28 líneas por cada 100 habitantes) está entre las más altas de América Latina. La disponibilidad de canales internacionales de Internet se está triplicando al pasar a la fibra óptica internacional.

Resumiendo Uruguay cuenta con un grupo de empresas medianas y pequeñas con potencial para la exportación: casi todas poseen ya experiencias exportadoras, aunque necesitan un mayor apoyo para lograr una penetración más significativa en los mercados del exterior.

Se destaca el buen nivel educativo. Existe en Uruguay una alta tasa de alfabetización y una formación profesional extendida y de buena calidad, lo que ha permitido un importante desarrollo del capital humano del país. Las universidades proporcionan una sólida preparación básica. La calidad y cantidad de los profesionistas es suficiente para sostener y aún incrementar el ritmo de crecimiento de esta industria.

De lo anterior se desprende que un importante número de profesionales se desempeña de manera autónoma en actividades de consultoría y asesoramiento, aunque en muchas ocasiones no cuentan con una estructura empresarial consolidada.

Uruguay cuenta con una buena infraestructura en telecomunicaciones.

Desarrolla productos dirigidos a mercados específicos. Las empresas de software uruguayas se han especializado en ciertos nichos, alcanzando la excelencia y exportando a la región productos para pequeñas farmacias y casas de cambio, por ejemplo.

La dimensión del mercado local es muy pequeña para la expansión dinámica de una industria de software nacional. Por eso la estrategia de desarrollo pasa necesariamente por un creciente proceso de internacionalización de sus empresas. Pero, dado que las firmas del exterior son muy grandes en relación con la dimensión empresarial uruguaya, esto se constituye en un problema para poder competir de manera adecuada y extensa.

La industria uruguaya no cuenta aún con estándares internacionales de calidad, lo cual constituye una barrera de acceso a los mercados externos. Las empresas uruguayas cuentan con poca logística de comercialización y mercadotecnia. Aunque logran identificar a los socios en los mercados objetivos y establecer los contactos iniciales, no saben desarrollar esquemas de relación más a largo plazo para la expansión de las ventas.

Uruguay, como la mayoría de los países de la región, todavía no cuenta con un cuadro normativo adecuado sobre la materia ni con fuentes de capital de riesgo.

#### **d) Costa Rica**

Costa Rica es otro de los países de América Latina pequeño junto a Uruguay que cuenta con una importante industria exportadora de software. Una serie de condiciones como el hecho de ser históricamente un país con altos índices educativos (94% de su población está alfabetizada), contar con educación primaria y secundaria gratuitas, incorporar la computación y tener el idioma inglés como

segunda lengua en los programas oficiales de enseñanza de las escuelas públicas le han permitido llevar a cabo actividades con alta intensidad en conocimiento, como es la producción y desarrollo de software, al que se dedican unas 150 empresas que emplean a unas 3 500 personas. En esta nación, por cierto, se ha verificado un gran crecimiento en la producción y exportación de software, primero hacia economías vecinas y más recientemente a países de Europa, Asia e incluso África. Más de 70% de las empresas locales exportan a estos mercados software en áreas como bancos, finanzas, recursos humanos, salud, educación, inteligencia artificial, migración, comunicaciones, turismo, producción, aplicaciones para Internet, administración y otras; éstas son sólo algunas de las alternativas que los clientes tienen a su alcance en Costa Rica, cuyo valor de las exportaciones en esta industria se sitúa alrededor de los 50 millones de dólares.

La instalación de Intel en 1998, si bien pensada para ensamblar semiconductores, contribuyó a la imagen de Costa Rica como país productor en el área de TI. En 2000 Intel agregó a su planta un laboratorio de producción de software y en febrero de 2001 adquirió una de las más importantes empresas costarricenses exportadoras de software, confirmando el potencial del país en esta industria. En la actualidad cuenta con dos plantas de desarrollo y un centro de distribución. Costa Rica es también la sede del Grupo de Servicios de Ingeniería de América Latina, que realiza labores de diseño de componentes y desarrollo de software. La corporación Intel es la mayor productora de procesadores en el mundo y fabricante líder de productos para computadoras, redes y comunicación. Emplea aproximadamente a 80 000 trabajadores en más de 45 países. También cuenta con instalaciones de manufactura en Irlanda, Israel, Filipinas, Malasia y China. Hasta octubre de 2002, la Corporación Intel anunció ingresos por 6.5 billones de colones, que significaron 3% más que en el mismo periodo del año anterior.

Durante el 2002 el gasto del gobierno en software para sus distintas dependencias ascendió a 1.5 billones de colones costarricenses (aproximadamente 4.2 millones de dólares), de los cuales el Ministerio de Hacienda tuvo la mayor participación: 1

billón de colones. Otras dependencias han invertido de la siguiente manera en software: en el año 2001, el Ministerio de Trabajo asignó más de 17 millones de colones, y, un año después, solicitó 10 millones de colones. En el Ministerio de Hacienda, presupuestaron para 2001 1 000 millones de colones, y al año siguiente asignaron la misma cantidad. El Ministerio de Educación recibió, en 2002 y 2003, 868 millones y 298 millones de colones respectivamente. Es de resaltar que las grandes inversiones que realiza el Ministerio de Hacienda se justifican debido al papel que desempeña en la economía nacional.

Ante estos números, se ha cuestionado a distintos funcionarios del gobierno sobre la posibilidad de utilizar sistemas de código abierto, lo que pudiera llegar a significar un ahorro de hasta aproximadamente, 80% en estas inversiones. Sin embargo, hay que considerar, según la opinión de algunos expertos, que cuando se trata de utilizar una plataforma de software, no se busca sólo el impacto económico; sino factores como la confiabilidad y estabilidad del sistema, la funcionalidad para los usuarios, administración de políticas de acceso y seguridad y facilidades como soporte técnico, los cuales desempeñan para los usuarios un papel importante.

En el caso específico de Costa Rica, todo el gobierno digital corre sobre la plataforma de Microsoft, por lo que realizar de momento un cambio de sistema implicaría hacer estudios de impacto, en conjunto con el Instituto de Tecnología, capacitar a todos los usuarios en la nueva tecnología; la mayor consecuencia sería desperdiciar toda la inversión realizada en el sistema actual, algo que no crearía valor para los contribuyentes. En diciembre de 2002, el gobierno costarricense estrenó su nueva imagen virtual en su portal "Gobierno Digital", lo que supone y justifica la magnitud de las inversiones en software que el gobierno realizó en ese año ([www.softwarecostarica.htm](http://www.softwarecostarica.htm)).

No contamos con información sobre investigaciones específicas realizadas en esta industria, por lo cual aún no se puede, como se hizo con otros países, analizar datos más detallados: áreas, tipos de empresas, comercialización, etc. Ello no

impide, sin embargo, considerar a Costa Rica como un país potencialmente importante para la producción de software en el contexto latinoamericano e internacional.

### CAPÍTULO III. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN MEXICO

Como se ha señalado en diversas partes de este trabajo México todavía cuenta con industria del software relativamente reducida y de escaso desarrollo comercial, basada fundamentalmente en la producción de software a medida (adaptación de software estandarizado a las necesidades de los usuarios), el cual es un sector más ligado por su propia naturaleza a actividades de servicios. Como resultado de lo anterior, la mayor parte de las necesidades de los grandes usuarios (sector público y empresas) son resueltas por el autoconsumo de los mismos usuarios, a partir de departamentos internos de software abocados a esas tareas.

Esta falta de desarrollo de la producción de software básico (sistemas operativos y aplicaciones), se expresa en la propia estructura de la contabilidad nacional de México, que ni siquiera cuenta con un apartado que permite contabilizar socialmente la magnitud de la producción nacional de ese tipo de software. Para efectos de las cuentas nacionales, la actividad productiva de software se considera un servicio: el grupo 6821, correspondiente a "informática y actividades conexas". Tal ubicación refleja la producción de programas en cuanto a servicios, pero deja fuera gran parte de la actividad cuando ésta entra en el terreno de los bienes. Un programa que se elabora una sola vez para resolver un problema específico puede considerarse como un servicio (aplicación a la medida), ya que no puede intercambiarse por separado de su producción; al momento de concluir la aplicación, el servicio ya ha sido suministrado a los usuarios. Pero un programa que se reproduce miles o millones de veces, y por consiguiente puede venderse y comprarse en grandes cantidades (como las aplicaciones en paquete), entra en el campo de los bienes. Este doble carácter del producto tiene también importantes implicaciones en su comercialización, al ser aquellos fácilmente sujetos de reproducción, las más de las veces ilegal, con la consecuente merma en el soporte técnico, es decir, en su carácter de servicio (Steinmueller, 1995, citado por Salomón, 2002).

El objetivo de este capítulo es ofrecer un panorama general de la industria del software en México y abundar en la parte específica del desarrollo de software a la medida (la principal forma de producción en el país), tanto desde el punto de vista de la demanda como de la disponibilidad de la oferta local. Para ello se realizó una investigación propia que combinó la utilización de fuentes documentales con investigación de campo.

En el punto 1 se describe la metodología con la cual se llevó a cabo el trabajo, las dos fases de la investigación, la posterior selección de las 30 empresas nacionales e internacionales radicadas en México que sirvieron de base para la realización de este estudio, así como los componentes de la encuesta y de las entrevistas aplicadas. En el punto 2 se analiza el actual uso y aprovechamiento de las TIC en México, así como de la infraestructura en TIC, el estado del desarrollo de la industria del software en general, del software a la medida y empaquetado, el valor de mercado actual y las proyecciones para el periodo 1995-2006. Se identifica también el número de empresas existentes y se señala, además, el número de empleados y segmentos en los que se desarrolla software. En el punto 3 se presentan resultados más específicos de las 30 empresas encuestadas, tales como la facturación anual de la industria y por empresa, así como el número actual de empleados, técnicos y administrativos. El punto 4 aborda las herramientas de desarrollo y las plataformas de software utilizadas en el país. En el punto 5 se desarrolla lo concerniente a un problema que afecta directamente a esta industria: la piratería, así como la necesidad de establecer al respecto regulaciones adecuadas al marco internacional. El punto 6 señala los principales sectores económicos a los que se destina la producción. Posteriormente se aborda la importancia del territorio en donde están concentradas las empresas en México y la constitución de posibles *clusters* o polos tecnológicos. Se revisa un estudio que da cuenta sobre el estado de la piratería en el sector y por último se presenta el programa de gobierno para la industria mexicana del software.

### 3.1 Fases de la investigación

- a) Primera fase: consistió en una profunda revisión bibliográfica de todos los datos producidos respecto de la industria del software en general. Cabe destacar que el estudio de este subsector no ha sido abordado desde la academia, y que, por tanto, no hay investigaciones sistematizadas al respecto, asimismo es muy difícil y confuso el campo de las estadísticas que den cuenta del estado en que se encuentra la industria.

A fin de lograr un mejor acercamiento a esta industria, se estableció contacto con dependencias del gobierno que cuentan con directorios de empresas de software: Secretaría de Economía (SE), Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Secretaría de Comercio y Fomento Industrial de México (Secofi), así como a las cámaras y asociaciones que tienen afiliadas a las compañías del subsector: Cámara Nacional de la Industria Electrónica y de las Tecnologías de Información (Canieti), Asociación Mexicana de Tecnologías Informáticas (Amiti), Asociación Mexicana de Estándares para el Comercio Electrónico (AMECE), Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI), NIC México (Network Information Center), Asociación Mexicana de Calidad para la Ingeniería de Software (AMCIS), Cadena Productiva de la Electrónica, A.C. (Cadelec). Asimismo, se estableció relación con centros de investigación y casas de estudio, tales como la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) y otros organismos de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav), la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Informática, A.C., la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), entre otros.

Posteriormente, se realizó el primer intento de acercamiento a las empresas para aplicar de manera informal un cuestionario en el IX Foro Tecnológico de la Ciudad de México, realizado los días 20 y 21 de junio de 2000 y dedicado a la industria del software. En esta ocasión se entabló relación con 36 empresas. En esta primera fase se confrontaron diversos directorios que servirían de apoyo en la selección de las empresas elegidas para el estudio.

- b) Segunda fase: se aplicó una encuesta y entrevistas a profundidad a 30 empresas desarrolladoras de software a la medida, nacionales e internacionales radicadas en México. En esta fase se contó con la colaboración de la empresa Select, IDC, que ayudó en la búsqueda, recolección y sistematización de datos. Cabe señalar que, a pesar de los esfuerzos realizados, no fue posible estudiar todo el universo de empresas (más de 300), porque el subsector todavía tiene un carácter informal. Por tanto, se consideró oportuna y representativa la muestra de estas 30 empresas, debido a su competitividad e importancia en el ámbito de la producción y exportación. Estas empresas constituyen el 70% del facturado de software a la medida en México y representan la parte más destacada de la industria desarrolladora de software en México.

### **3.2 Datos generales**

#### **a) Las tecnologías informáticas y de comunicación en México**

A la luz de las estadísticas existentes, México tiene un atraso en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, pues ocupa el lugar 47 en la lista mundial de gastos en TIC (World Economic Forum, 2002) y destina a este rubro 3.2% del PIB. (Secretaría de Economía). Esto significa que debe enfrentar muchos desafíos ante la actual reconfiguración de las industrias y los mercados en TIC y la gran competencia que existe entre los países en vías de desarrollo.

Para poder situar adecuadamente a la industria del software en México y dada su relación con el conjunto de la industria informática, comenzamos tratando de ubicar comparativamente la inserción en gasto de inversión en tecnología de la información en México, comparativamente con la realizada a nivel mundial y de Estados Unidos.

Según datos del *Digital Planet: The Global Information Economy*, la relación entre inversión y gasto en tecnología informática y de comunicación en los Estados Unidos fue de 7.9% del PIB en 2001, mientras que el promedio mundial se situó en 7.6%, y en México fue del orden del 3,2%. (ver gráfica 5). De este total, solo en tecnologías de la información el gasto en México representó 1.4% y en la Unión Americana 5.3; y en el mundo del 4.3 por ciento.

Gráfica 5



Sin embargo, a pesar de este bajo nivel, México exhibe un rápido crecimiento, en el cuadro 38 se puede observar que de 1995 a 2002 la facturación de las empresas de TIC en México creció de 11 496 millones de dólares a 21 944 millones de dólares, aumentó 20.3% en 1999 y tuvo una desaceleración de 9.9% en el 2000.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Su índice de crecimiento en el 2001 (13.2%) se debió a las grandes inversiones en servicios de telecomunicaciones (telefonía celular, servicios de datos, Internet, etc.), particularmente de Telecom.

**Cuadro 38**

MERCADO Y CRECIMIENTO DE TIC EN MÉXICO*								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mercado de tecnología de información y telecomunicaciones	\$ 11 490	\$ 11 460	\$ 13 829	\$ 16 594	\$ 19 968	\$ 21 944	\$ 24 844	\$ 25 448
Crecimiento de tecnología de información y telecomunicaciones		-0.3%	20.7%	20.0%	20.3%	9.9%	13.2%	2.4%

Fuente: Elaboración propia, con la colaboración de Select, mayo de 2003.

\* Millones de USD

El segundo nivel analizado es el desempeño más reciente del mercado de infraestructura de las TIC en México. A este respecto, la información con la cual contamos es contradictoria, ya que una caída bastante grande para 2002, es seguida por una recuperación en el cuarto trimestre del 2002 debido al dinamismo de algunos sectores como el gobierno federal que realizó concursos y adjudicaciones por más de 20 millones de dólares (Select, 2003).

El resultado final de 2002 fue muy bajo respecto de 2001, debido a que algunas soluciones, tanto de infraestructura como de tipo empresarial, se retrasaron durante todo el año y en algunos casos se pospusieron para 2003. En ello incidieron tanto el precio de todos los tamaños de servidores, principalmente de 32 bits, como el entorno macroeconómico mundial y doméstico, lo cual ocasionó cautela en la toma de decisiones.

Las actualizaciones de servidores tuvieron un buen desempeño durante 2002, pues crecieron 6%. A su vez, el mercado de almacenamiento obtuvo un incremento de 8% respecto del registrado en 2001 (principalmente con soluciones de consolidación) y fue el segmento que más presentó crecimientos dentro del mercado total de servidores. No obstante, el segmento más dinámico durante este

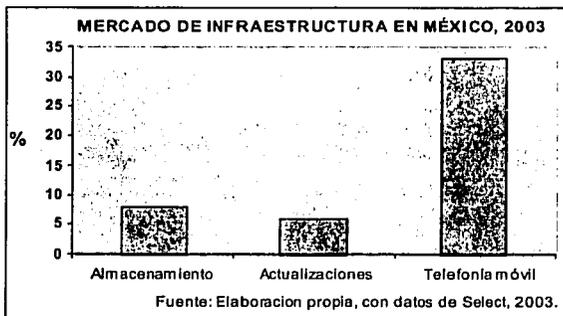
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

año en el mercado mexicano de servicios de telecomunicaciones fue, sin duda, la telefonía móvil, que registró un incremento de 33% respecto del 2001. Tanto este segmento como el de acceso a datos e Internet impulsaron el crecimiento del mercado general.

La facturación total del mercado de servicios de telecomunicaciones (que comprende los segmentos de telefonía local, larga distancia nacional e internacional, telefonía móvil, acceso a Internet y servicios de transmisión de datos) fue de 16 323 millones de dólares durante el periodo de referencia (Select, 2003).

De la facturación total, la telefonía local tuvo una participación en el mercado de 33%, al igual que la telefonía móvil, mientras que la larga distancia nacional representó 14% y la internacional 8%. El mercado de datos, integrado principalmente por líneas privadas, también registró una participación de 8 por ciento (*Idem*, 2003).

**Gráfica 6**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## b) El software en México. Tendencias y perspectivas generales

Al analizar específicamente la industria de software en México, se puede observar que, a pesar de su pequeñez, es la que cuenta con mayor dinamismo dentro de las TIC. En 1995 el total de facturación de software en paquete representó 234.20 millones de dólares, llegando en el 2002 a 676.78 millones de dólares. Por su parte, el software desarrollado a la medida en 1995 facturó un total de 38.75 millones de dólares contra 160.51 millones de dólares para el 2002.

**Cuadro 39**

MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
SW en paquete *	\$ 234.20	\$ 336.05	\$ 418.11	\$ 466.65	\$ 523.94	\$ 608.30	\$ 601.78	\$ 676.78
Desarrollo software a medida	\$ 38.75	\$ 49.30	\$ 95.56	\$ 116.77	\$ 142.00	\$ 148.31	\$ 147.21	\$ 160.51
Crecimiento SW en paquete	-	43.5%	24.4%	11.6%	12.3%	16.1%	-1.1%	12.5%
Crecimiento de software a medida	-	27.2%	93.8%	22.2%	21.6%	4.4%	-0.7%	9.0%

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de Select. Mayo 2003

\* Incluye aplicaciones, herramientas, seguridad e infraestructura

El cuadro 39 permite observar un crecimiento muy fuerte del mercado entre 1995 y 2002, con la única excepción del 2001 debido a la crisis internacional y la incertidumbre generada por los sucesos del 11 de septiembre. En contraparte, el crecimiento que se presentó en 1999 (de 21.6%) y en 2000 (de 4.4%) tuvo su origen en el *boom* que mostró el desarrollo de los tipos de software administrativo, como el ERP, lo cual ocasionó el surgimiento de una gran cantidad de necesidades creadas y una inflación en la producción. Además, para ubicar bien estos acontecimientos, hay que considerar que la industria de software se encuentra en un importante proceso de reconfiguración mundial, como lo demuestra, por ejemplo, la estimación para el año 2006, de acuerdo con los datos recabados en la encuesta aplicada a las empresas.

Como podemos observar en el cuadro 40, a pesar de la importante facturación en sus distintas versiones, sobre software en paquete, existe en México un escaso desarrollo ya que el 94% del mismo es de importación y sólo el 6% es nacional.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Esto hace que la elección para nuestra investigación de software a la medida haya sido casi obligada cuando se trata de desarrollos y de industria de software en México.

**Cuadro 40**

MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN PAQUETE (El 94% del software en paquete es importado y solo el 6% es nacional)								
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>SW en paquete</b>	\$ 234.20	\$ 336.05	\$ 418.11	\$ 466.65	\$ 523.94	\$ 608.30	\$ 601.79	\$ 676.78
App horizontales					\$ 113.65	\$ 125.26	\$ 128.03	\$ 130.12
App Verticales					\$ 66.66	\$ 71.99	\$ 76.07	\$ 76.96
Colaboracion					\$ 14.28	\$ 15.08	\$ 14.37	\$ 16.68
Administrativo					\$ 13.33	\$ 15.04	\$ 14.23	\$ 18.58
Otras App					\$ 58.65	\$ 61.08	\$ 53.68	\$ 43.00
Suites					\$ 72.90	\$ 106.00	\$ 88.28	\$ 107.50
Bases de datos					\$ 65.58	\$ 65.70	\$ 65.09	\$ 78.31
Herramientas					\$ 29.90	\$ 35.40	\$ 33.67	\$ 46.49
BI					\$ -	\$ 12.65	\$ 15.13	\$ 19.81
EAI					\$ -	\$ -	\$ 4.80	\$ 6.97
SO Server					\$ 29.30	\$ 25.60	\$ 21.76	\$ 24.06
SO Cliente					\$ 9.31	\$ 8.87	\$ 9.10	\$ 10.82
Admon de Sist					\$ 18.83	\$ 26.62	\$ 34.28	\$ 37.92
Seguridad					\$ 18.55	\$ 21.22	\$ 24.48	\$ 33.20
Almacenamiento					\$ 12.00	\$ 17.78	\$ 18.82	\$ 22.40
Acceso					\$ -	\$ -	\$ -	\$ 4.34
<b>DSM</b>	\$ 38.75	\$ 49.30	\$ 95.56	\$ 116.77	\$ 142.00	\$ 148.31	\$ 147.21	\$ 160.51
<b>Mercado TIC</b>	\$ 11.496	\$ 11,460	\$ 13,829	\$ 16,594	\$ 19,968	\$ 21,944	\$ 24,844	\$ 25,448
<b>Crecimientos</b>								
<b>SW en paquete</b>		43.5%	24.4%	11.6%	12.3%	16.1%	-1.1%	12.5%
App horizontales						10.2%	2.2%	1.6%
App Verticales						8.0%	5.7%	0.6%
Colaboracion						5.5%	-4.7%	16.1%
Administrativo						12.8%	-5.4%	30.6%
Otras App						4.1%	-12.1%	-19.9%
Suites						45.4%	-16.7%	21.8%
Bases de datos						0.2%	-0.9%	20.3%
Herramientas						18.4%	-4.9%	38.1%
BI							19.6%	30.9%
EAI								45.3%
SO Server						-12.6%	-15.0%	10.6%
SO Cliente						-4.7%	2.5%	19.0%
Admon de Sist						34.2%	28.8%	10.6%
Seguridad						14.4%	15.4%	35.6%
Almacenamiento						48.2%	5.9%	19.0%
Acceso								
<b>DSM</b>		27.2%	93.8%	22.2%	21.6%	4.4%	-0.7%	9.0%
<b>Mercado TIC</b>		-0.3%	20.7%	20.0%	20.3%	9.9%	13.2%	2.4%

Fuente: Elaboración propia con datos de Select Mayo 2003

Cifras en Millones de Dólares

SW en paquete incluye aplicaciones, herramientas, seguridad e infraestructura

TIC incluye tecnologías de información y telecomunicaciones

Otras aplicaciones incluye diseño como CAD/CAM

Las tendencias de crecimiento con miras a los próximos años indican que las empresas consultadas pronostican un incremento sostenido durante los años 2003, 2004 y 2005 para el software en paquete (Select, 2003), en función de una eventual recuperación de las condiciones económicas internacionales. Se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

registran posibilidades de crecimiento mucho mayor para el software a la medida. Esto dependerá en gran medida del comportamiento general de la economía y de la reactivación empresarial.

**Cuadro 41**

TENDENCIAS DEL MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE			
	2003	2004	2005
Crecimiento SW en paquete	\$ 715.46	\$ 752.11	\$ 786.94
Crecimiento de software a la medida	\$ 172.34	\$ 191.30	\$ 216.76
Crecimiento de tecnología de información y telecomunicaciones	\$ 26 649	\$ 28 523	\$ 30 760

Fuente: Elaboración propia, con la colaboración de Select, mayo de 2003.

**Cuadro 42**

TENDENCIAS DEL MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE			
	2003	2004	2005
SW en paquete	5.7%	5.1%	4.6%
Desarrollo de software a la medida	7.4%	11.0%	13.3%
Mercado de tecnología de información y telecomunicaciones	4.7%	7.0%	7.8%

Fuente: Elaboración propia, con la colaboración de Select, mayo de 2003.

Según datos del Banco Nacional de Comercio Exterior (Bancomext, 2001), al cierre de los años noventa operaban en México 257 empresas de programación. Sólo una contaba con más de 1 000 empleados; siete tenían entre 250 y 1 000; ocho, de 100 a 250; 10, de 15 a 100, y 123, menos de 15 empleados. Por otra parte, 15 realizaban operaciones internacionales; cinco contaban con certificación ISO 9000; otras tantas, con la certificación CMM (*Capability Maturity Model*) y 167 carecían de una estructura formal.

Amiti en el año 2003 identifica en México 206 compañías de software en total, divididas en microempresas, empresas pequeñas, medianas, grandes y corporativas, tal como aparece en el cuadro 43.

**Cuadro 43**

TAMANO DE LAS EMPRESAS POR NUMERO DE EMPLEADOS		
ESTRATO	Núm. de empleados	Núm. de empresas
Microempresa	De 1 a 14 empleados	63
Pequeña empresa	De 15 a 100 empleados	117
Mediana empresa	De 101 a 250 empleados	14
Gran empresa	De 251 a 1 000 empleados	11
Empresas corporativas	Más de 1 000 empleados	1

Fuente: Amili, 2003

En relación al tamaño de la economía del país y su nivel relativo de informatización, las empresas desarrolladoras de software en México son pocas y una de las causas que impide el surgimiento de nuevas y el crecimiento de las ya existentes radica en la cantidad de software que se produce en el interior de las empresas, de las universidades y del sector público (gobiernos estatales y federal).

De acuerdo con los datos recabados, las universidades y el sector público gastan un total de 18 524 millones de dólares en la nómina de sus empleados de desarrollo y planeación, lo cual explica su poca demanda de los servicios de las empresas productoras de software, pues prácticamente todo el software que necesitan se produce en sus propias instalaciones. La facturación total del desarrollo interno de software asciende a 168,31 millones de dólares.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 44**

<b>EMPLEADOS DE DESARROLLO Y PLANEACION</b>		
<b>Sector</b>	<b>Servicios Públicos</b>	<b>VMK del Desarrollo Interno *</b>
Educación	857	7.40
Gobierno Estatal	11,049	95.49
Gobierno Federal	6,618	65.42
	18,524.00	168.31

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de Select, Mayo 2003.

Nota \* : valor mercado en millones de dólares

Para poder observar la enorme dimensión de este tipo de producción, se dividió la muestra realizada para el presente estudio según el tamaño de las empresas por el número de empleados en desarrollo y planeación (ver cuadro 46) y el total de inversión de cada una de las firmas por segmento (distribución, finanzas, manufactura, proceso, servicios). Podemos observar los gastos efectuados por valor de nómina en los empleados de desarrollo y planeación así como la facturación total del desarrollo interno de software.

A continuación, se especifican las empresas que corresponden a cada segmento:

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Cuadro 45**

<b>Distribución</b>	Autoservicio	<b>Finanzas</b>	Aseguradoras
	De especialidad		Banca e Instituciones financieras
	Departamentales		Grupos
	Mayoreo		Otros
<b>Proceso</b>	Alimentos	<b>Servicios</b>	Clubs
	Metales		Hoteles
	Minería		Renta de autos
	Papel / Madera		Servicios profesionales
	Petroquímica		
	Plásticos		
	Textil		
<b>Manufactura</b>	Fabricación y ensamble	<b>Servicios Públicos</b>	Comunicaciones
	Industria Pesada		Construcción / Ingeniería
			Educación
			Energía
			Gobierno Estatal
			Gobierno Federal
			Líneas Aéreas
			Salud / Medicina / Asistencia Social
			Telecomunicaciones
			Transportación

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de Select, Mayo 2003.

En el siguiente cuadro se pueden comparar los empleados que realizan desarrollo y planeación de software y su valor de nómina, de acuerdo con el tamaño de la empresa y por segmento. También se presenta el facturado total de desarrollo interno.

**Cuadro 46**

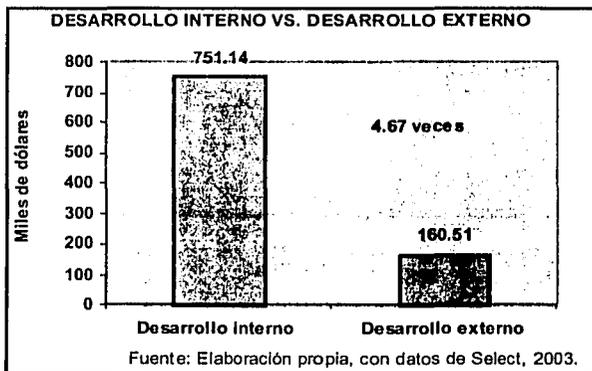
EMPLEADOS DE DESARROLLO, PLANEACION Y VALOR DE NOMINA							
No. de empleados	Distribución	Finanzas	Manufactura	Proceso	Servicios	Servicios Públicos	VMK del desarrollo interno *
a) 1-15	93		343	2	427	1,242	18.21
b) 16-100	2,654		283	191	860	345	37.43
c) 101-250	649	68	567	623	147	562	23.49
d) 251-1,000	1,966		1,968	897	2,388	1,893	78.75
e) 1,001-5,000	962	376	1,632	3,798	2,554	996	158.55
f) >5,000	2,342	2,307	4,562	3,791	3,379	954	266.39
<b>TOTAL</b>	<b>8,666</b>	<b>2,751</b>	<b>9,355</b>	<b>9,302</b>	<b>9,755</b>	<b>5,992</b>	<b>582.82</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de Select, Mayo 2003.

\*VMK = Valor en Millones de Dólares

El total de facturación en desarrollo de software interno (751,14 millones de dólares) muestra la enorme cantidad de software producido dentro de estas instituciones públicas (168,31 millones de dólares) y empresas del sector privado, (582,82 millones de dólares) cifras muy superiores al total de software a la medida desarrollado en México por las empresas del sector especializado.

**Gráfica 7**



Este aspecto muestran una producción de software cautivo en los distintos sectores de la economía, lo cual da poca autonomía a la industria del software y obstaculiza su desarrollo a gran escala.

### **3.3 Resultados de la encuesta**

#### **a) Empresas que conformaron la muestra**

Como mencionáramos en los párrafos anteriores la encuesta y las entrevistas a profundidad se aplicaron a treinta empresas desarrolladoras de software a medida, nacionales e internacionales radicadas en México. Las empresas que conformaron la muestra son:

- Adam Technologies
- CD Media Soluciones
- Certum
- Consultores Profesionales
- Ddmesis
- Desarrollo en Sistemas de Informática
- Desarrollos Computacionales de México
- Dipros
- EDS
- Esiglo
- GGs
- Grupo Asercom
- Grupo Empresarial Óptima
- Grupo Jade
- Grupo Matriz
- Hildebrando
- IBM de México
- Internacional de Sistemas
- IntraPortales
- Kernel Corporativo
- Kiven
- Netropology
- Northware
- Pacific Soft
- Praxis
- Prisma Computación
- Sistemas Administrativos Computarizados
- Softek
- Tecnología Esencial
- Ultrasist

De estas empresas, tres son extranjeras: IBM, Ddemesis, EDS.

**b) Año de creación**

Por lo general se trata de firmas surgidas en años recientes, como se puede observar en el siguiente cuadro:

**Cuadro 47**

<b>AÑO DE CREACIÓN DE LAS EMPRESAS POR ORDEN CRONOLOGICO</b>	
<b>Empresa</b>	<b>Año de creación</b>
IBM de México	1927
Adam Technologies	1977
Softtek	1982
Internacional de Sistemas	1985
Desarrollo de Sistemas de Informática	1985
Hildebrando	1986
Certum	1988
Kernel Corporativo	1989
Dipros	1989
Desarrollos Computacionales de México	1990
Esiglo	1992
Grupo Asercom	1992
Tecnología Esencial	1993
Ultrasist	1994
IntraPortales	1995
Northware	1995
Prisma Computación	1995
Praxis	1996
Consultores Profesionales	1997
Pacific Soft	1997
Kiven	1997
Grupo Matrix	1998
Grupo Empresarial Optima	1998
Netropology	1998
Sistemas Administrativos Computarizados	1999
GGS	2000
Grupo Jade	2001
	2001
CD Media Soluciones	2002
Ddemesis	2002
EDS	No contestó

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de Select, Mayo 2003.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**c) Tamaño**

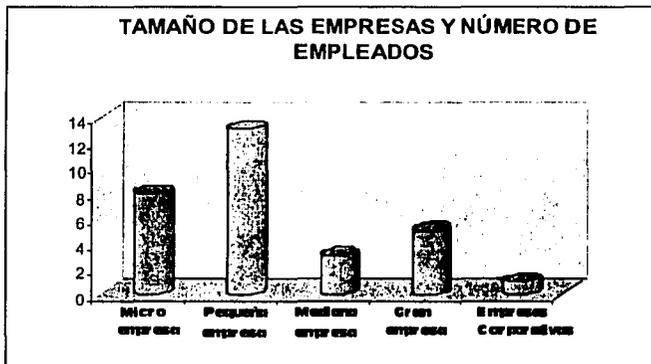
Según los resultados obtenidos de la encuesta, las empresas desarrolladoras de software a medida se dividen, según el número de empleados, en:

**Cuadro 48**

TAMAÑO DE LAS EMPRESAS POR NÚMERO DE EMPLEADOS		
Estrato	Núm. de empleados	Núm. de empresas
Microempresa	De 1 a 14 empleados	8
Pequeña empresa	De 15 a 100 empleados	13
Mediana empresa	De 101 a 250 empleados	3
Gran empresa	De 251 a 1 000 empleados	5
Empresas corporativas	Más de 1 000 empleados	1

Fuente: Elaboración propia, con la colaboración Select, mayo de 2003.

**Gráfica 8**



En cambio, según la facturación de las firmas relevantes, su tamaño se configura de la siguiente manera:

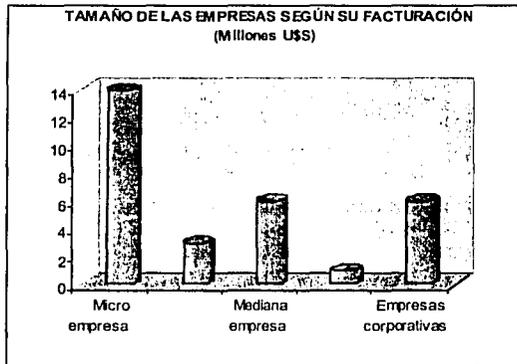
TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Cuadro 49**

TAMAÑO DE LAS EMPRESAS SEGUN SU FACTURACIÓN		
Estrato		Núm. de empresas
Microempresa	Menos de US\$ 1 millón anual	14
Pequeña empresa	Entre US\$ 1 y 2 US\$ millones anuales	3
Mediana empresa	Entre US\$ 2 y 5 US\$ millones anuales	6
Gran empresa	Entre US\$ 5 y 15 US\$ millones anuales	1
Empresas corporativas	Más de US\$ 15 millones anuales	6

Fuente: Elaboración propia, con la colaboración de Select, mayo de 2003.

**Gráfica 9**



Al observar con más detalle la facturación de cada firma, se puede apreciar la primacía de Softtek, seguida de IBM y de Ddemesis.

#### **d) Facturación y exportación**

El total de facturación de las firmas encuestadas asciende a 236.65 millones de dólares, lo cual representa 71% de la facturación total en el mercado de software a medida.

Cuadro 50

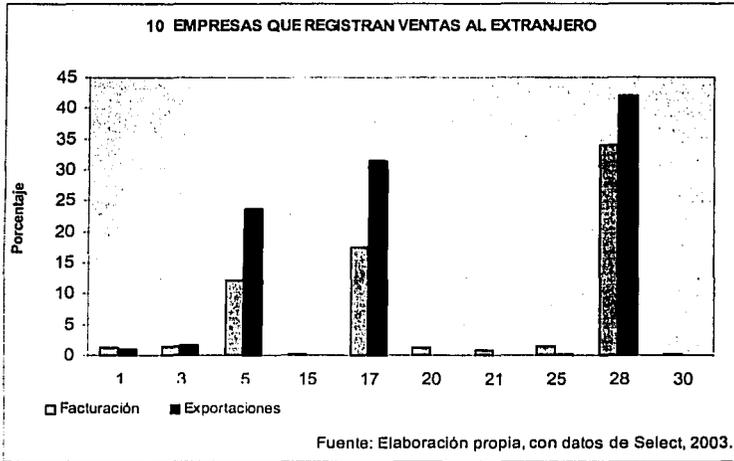
FACTURACIÓN NACIONAL Y EXPORTACIÓN EN EL MERCADO DE SOFTWARE A LA MEDIDA				
Empresa	Facturación Anual 2002 *	%	Facturación al Extranjero Anual	%
Adam Technologies	2.95	1.25	1.16	0.95
CD Media Soluciones	0.00	0.00	0	0.00
Certum	3.44	1.45	2	1.64
Consultores Profesionales	0.04	0.02	0	0.00
Ddmesis	28.90	12.21	28.9	23.71
Desarrollo en Sistemas de Informática	0.55	0.23	0	0.00
Desarrollos computacionales de México	0.30	0.13	0	0.00
Dipros	0.26	0.11	0	0.00
EDS	20.40	8.62	0	0.00
Esiglo	6.00	2.54	0	0.00
GGS	0.08	0.03	0	0.00
Grupo Asercom	1.50	0.63	0	0.00
Grupo Empresarial Optima	1.75	0.74	0	0.00
Grupo Jade	0.15	0.06	0	0.00
Grupo Matrix	0.70	0.30	0.07	0.06
Hildebrando	17.05	7.20	0	0.00
IBM de México	41.09	17.36	38.22	31.35
Internacional de Sistemas	17.95	7.59	0	0.00
IntraPortales	0.03	0.01	0	0.00
Kernel Corporativo	2.76	1.17	0.03	0.02
Kiven	2.00	0.85	0.12	0.10
Netropology	3.00	1.27	0	0.00
Northware	1.24	0.52	0	0.00
Pacific Soft	0.13	0.05	0	0.00
Praxis	3.50	1.48	0.18	0.15
Prisma Computación	0.23	0.10	0	0.00
Sistemas Administrativos Computarizados	0.10	0.04	0	0.00
Softtek	80.00	33.81	51.2	42.00
Tecnología Esencial	0.05	0.02	0	0.00
Ultrasist	0.50	0.21	0.03	0.02
<b>Total</b>	<b>236.65</b>	<b>100.00</b>	<b>121.91</b>	<b>100.00</b>

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de Select, Mayo 2003.

Nota \*: datos en millones de USD

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Gráfica 10



**e) Recursos humanos**

Respecto del personal ocupado, en las encuestas realizadas se obtuvieron datos en relación con el número de personal administrativo y técnico por cada empresa, como se puede observar en el cuadro 51.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuadro 51

PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO CONTRATADO EN EL MERCADO DE SOFTWARE A LA MEDIDA		
	PERSONAL	
	Administrativo	Técnico
Adam Technologies	15	98
CD Media Soluciones	3	4
Certum	7	60
Consultores Profesionales	1	7
Ddemiesis	25	590
Desarrollo en Sistemas de Informatica	3	18
Desarrollos computacioales de México	8	3
Dipros	4	11
EDS	39	620
Esiglo	10	80
GGGS	4	6
Grupo Asercom	6	15
Grupo Empresarial Optima	5	3
Grupo Jade	5	10
Grupo Matrix	10	35
Hildebrando	60	240
IBM de México	45	750
Internacional de Sistemas	70	750
IntraPortales	1	3
Kernel Corporativo	12	105
Kiven	5	95
Netropology	3	90
Northware	5	37
Pacific Soft	2	7
Praxis	30	132
Prisma Computación	1	15
Sistemas Administrativos Computarizados	1	2
Softtek	75	1.700
Tecnología Esencial	7	13
Ultrasist	6	14
<b>TOTAL</b>	<b>468</b>	<b>3814.7</b>

Fuente: Elaboración Propia con la colaboración de Select, Mayo 2003.

#### f) Usuarios

La principal fuente de ingresos para las firmas de desarrollo de software a la medida en el año 2002 fue el segmento de la manufactura, que obtuvo un total de 56.31 millones de dólares, lo cual representó 26.8% del mercado. También se

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

encontró una alta orientación del mercado hacia las empresas de informática y telecomunicaciones, que registró 41.89 millones de dólares de facturación, cifra casi similar a la de los seguros y servicios financieros: 41.53 millones de dólares. En menor medida se dio la participación del gobierno, con un total de 16.51 millones de dólares de facturación, lo que representó 7.9% del mercado. Esto se explica por la cantidad de software producido dentro de las dependencias, realizado por sus propios desarrolladores. Fue marginal la importancia de las áreas de aplicación, como educación, salud, entretenimiento, hogar (clasificados como "otros mercados"), con un total de 6.33 millones de dólares, equivalente a 3% del mercado.

**Cuadro 52**

<b>PRINCIPALES MERCADOS A LOS QUE SE DESTINA EL DESARROLLO DE SOFTWARE A LA MEDIDA EN MÉXICO, 2002</b>		
<b>Mercados</b>	<b>Total facturación por sector *</b>	<b>%</b>
Gobierno	16.51	7.9%
Manufactura/Extracción	56.31	26.8%
Comercio/Distribución	31.52	15.0%
Informática y telecomunicaciones	41.89	19.9%
Seguros y servicios financieros	41.53	19.8%
Otros servicios	16.15	7.7%
Otros mercados	6.33	3.0%

Fuente: Elaboración propia con la colaboración de Select, Mayo 2003

\* Facturación total sólo en las empresas de la muestra. Cifras en millones de dólares

La baja participación de las áreas clasificadas como "otros mercados" (mercado de procesos, servicios públicos, etc.) se explica en parte porque parecen estar abastecidas casi exclusivamente por productos extranjeros, pero también hay que recordar la escasa respuesta a la encuesta por parte de algunos productores de este segmento. Además, al igual que en otras áreas, como la de hogares, predomina una alta tasa de piratería, lo que impide, desde el consumo o desde la oferta, contabilizar su valor total. Las diferencias más destacables en los mercados a los que se destina la producción de software, tal como sucede con la

manufactura, el comercio y la distribución, seguramente son atribuibles al consumo de software administrativo y de gestión.

Si bien no ha sido posible cuantificar las formas de comercialización en porcentajes, se puede decir que, de acuerdo con la información obtenida durante la realización de la encuesta, las empresas emplean más de un medio para vender sus productos. El grueso de las firmas recurre al contacto directo con los clientes y, en menor medida, a la consultoría. Casi todas declararon trabajar por proyectos encargados directamente por sus clientes, a los cuales contactaron a través de sus propios empleados. Esto se encuentra en relación directa con la escasa orientación exportadora del subsector. En cambio, la subcontratación resulta poco utilizada por este tipo de empresas. Algunas firmas, muy pocas, usan Internet como vehículo de comercialización de sus productos.

## **g) Herramientas de desarrollo**

### **í) Lenguajes**

Los lenguajes de programación son las herramientas básicas para la producción de software. Tradicionalmente eran conocidos como lenguajes procedimentales (una serie de órdenes secuenciales dadas a la máquina para que las cumpla, es decir, procedimientos para seguir) o lenguajes declarativos (porque desarrollaban justamente la función de describir o declarar cuáles eran los datos del problema; son muy usados en el campo de la lógica y de la inteligencia artificial). Estos lenguajes fueron conocidos como Cobol, Pascal, Fortran, Basic, C; un lenguaje declarativo es, por ejemplo, el Prolog.

En las empresas encuestadas, como se observa en el cuadro 53, estos lenguajes tradicionales son en la actualidad muy poco utilizados, sólo 2.6% de dichas compañías los usa y se dedica para construirlos 288 horas hombre por año. Sin embargo, durante años recientes junto con éstos se desarrolló un nuevo paradigma: los lenguajes orientados a los objetos. Estos lenguajes nacieron

fundamentalmente a partir de dos consideraciones: 1) los programadores se dieron cuenta de que ciertas proporciones del programa pueden ser utilizadas más de una vez, para programas diversos, y que se revelaba muy ventajoso concebir en módulos los programas realizados; 2) al construir programas modulares, resulta útil partir de los objetos<sup>1</sup> de los cuales el programa se ocupa, definiendo propiedad y comportamientos y estableciendo entre ellos vínculos y jerarquías. Entre estos lenguajes de programación orientados a los objetos se encuentra el C++ (una evolución orientada a los objetos del lenguaje anterior C, Small-talk, y entre los últimos desarrollados emerge el Java, de más reciente difusión, considerado revolucionario, típicamente vinculado a desarrollo de Internet, aunque no exclusivamente).

La introducción del lenguaje Java<sup>2</sup> representa tal vez la más importante innovación en el universo de la telemática en general, y de Internet en particular, después de la creación de la World Wide Web. Una de las características que hicieron de Java un instrumento revolucionario es justamente el hecho de ser un programa que, escrito en este lenguaje, puede ser interpretado de manera indiferente por muchos sistemas operativos y procesadores, sin necesidad de hacerle ninguna modificación. Esto significa un enorme ahorro de dinero en el desarrollo de programas, y sobre todo facilita su uso para los usuarios, que se encontrarán siempre frente al mismo programa, con las mismas características y funcionalidades, por más que usen cualquier plataforma. Otra importante característica de Java (que en parte se deriva de la precedente) es el hecho de

---

<sup>1</sup> Un ejemplo de objeto: supongamos que se debe escribir un programa para un automóvil (por ejemplo, marca, modelo, cilindrada, precio, número de lugares, etc.). Estas características podrán ser atribuidas a un "objeto" del programa, el objeto automóvil, que se podrá utilizar cada vez que se hable de cada unidad de automóviles. Entre los automóviles estarán después las subcategorías: por ejemplo, las categorías "heredadas" del objeto genérico automóvil, a las cuales se le irán agregando nuevas características específicas: para los automóviles usados se le podrán adjuntar las categorías como "año de matriculación", "kilómetros recorridos"; para las nuevas se podrán agregar categorías como "descuento de acuerdo con el precio de lista", "tiempo de la garantía". De esta manera se evita tratar en igual forma a los objetos heterogéneos y se puede describirlos de manera completamente independiente.

<sup>2</sup> Java debe su nombre a una variedad de café producido en la homónima isla de Indonesia.

que puede ser utilizado para realizar programas que funcionan a través de la red, como Internet.

En cuanto al uso de lenguajes orientados a objetos, destaca entre las empresas encuestadas (ver cuadro 53 ) el amplio uso de lenguajes como C#, Java, Java Script, HTML/XML en 35.6% de los casos y requerimientos de 3 978 horas hombre para su construcción, además de los lenguajes Oracle Developer, Power Builder y Visual Basic en 29.8% de las firmas y necesidades de 3 333 de horas en total para su construcción.

**Cuadro 53**

LENGUAJES MAS UTILIZADOS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE A LA MEDIDA EN MEXICO, 2002		
LENGUAJES	Total de horas hombre	%
CICS, Cobol, JCL, PL/1, RPG	2,454	22.0%
C++, Eiffel, Smalltalk	595	5.3%
Basic, C, Fortran, Pascal	288	2.6%
Oracle Developer, Power Builder, Visual E	3,333	29.8%
C#, Java, JavaScript, HTML/XML	3,978	35.6%
*Otros	522	4.7%
<b>TOTAL</b>	<b>11,171</b>	

Fuente: Select, Mayo 2003

\* Otras incluye: Clarion, Lotus Notes, Websphere, MQS, SQL Server, Visual Fox, SmartCards, Informix 4gl, Delphi, CRM, ERP

En conclusión, predomina el uso de lenguajes de mediana complejidad, y es muy bajo el grado de utilización de lenguajes "tradicionales".

### **ii) Sistemas operativos**

El sistema operativo es el primer y más importante de los programas a disposición de la computadora; no se trata de un programa único, sino que es el resultado de un conjunto integral de programas con más de un componente.

Entre los sistemas operativos más conocidos figuran el CP/M (*Control Program for Microcomputers*), creado por la Digital Research Corporation y ya casi obsoleto, y el DOS (*Disk Operating System*), cuyo término es muy genérico, pero se utiliza con referencia a MS-DOS; fue desarrollado por Microsoft para IBM, que lo adoptara para sus primeras generaciones de computadoras personales. Conoció diversas versiones, progresivamente más complejas y potentes, a partir de los años ochenta y la primera mitad de los noventa. En la actualidad se le considera superado, ya sea por el desarrollo de sistemas operativos gráficos como Windows, MAC OS o OS/2, o por el hecho de no permitir, en sus versiones de base, el uso contemporáneo de más programas.

Otro importante sistema operativo es UNIX, desarrollado en los laboratorios Bell a mitad de los años setenta, caracterizado por ser modular y flexible, dirigido sobre todo a los programadores profesionales (de hecho, aprender a moverse dentro del ambiente UNIX no es fácil para quien no es especialista). En años recientes, sin embargo, alcanzó una notable difusión en una versión más popular: *Linux*, realizada por iniciativa del programador Linus Torvald, distribuida gratuitamente y con la posibilidad de girar en muchas y diversas plataformas (incluso en las normales PC IBM compatibles).

En cambio, entre los sistemas operativos gráficos más difundidos se encuentra el de Windows en sus distintas versiones (3.1, 95, 98, 2000, y el reciente XL), desarrollado por Microsoft y basado en un plano de trabajo (*desktop*) organizado en ventanas (*Windows*). Su uso está muy extendido, al grado de que 80% de las computadoras personales de Microsoft operan con Windows.

El sistema operativo adoptado por la Macintosh, MAC OS, fue el primer ejemplo de sistema operativo gráfico. Tuvo una gran difusión en las computadoras personales, mucho antes de que Microsoft distribuyera las primeras versiones de Windows. Las soluciones técnicas adoptadas del MAC OS han estado siempre a la vanguardia, sobre todo por la facilidad de su uso, y han sido premiadas por una

larga difusión de Macintosh en sectores de punta, como el de la gráfica profesional. Sin embargo, las computadoras Macintosh han sido desplazadas en años recientes por las IBM compatibles, basadas en la versión Windows. Las versiones más actuales del MAC OS se caracterizan por su fuerte integración con Internet.

El sistema OS/2 gráfico fue desarrollado a finales de los años ochenta por la IBM, al principio en colaboración, pero después en competencia, con los sistemas Microsoft Windows. Sin embargo, y a pesar de los avances técnicos de este sistema, el predominio de Microsoft hizo que la mayor parte de los usuarios OS/2 terminara utilizándolo como un emulador de Windows, haciendo funcionar los mismos programas, normalmente usados por el sistema operativo de la Microsoft. Es muy fácil entender cómo esta situación terminó por relegar al segundo plano los puntos fuertes de OS/2 e indujo a la mayor parte de los usuarios a volver a los sistemas operativos de la familia Windows.

Los resultados del presente estudio muestran que existe un claro predominio de la plataforma Windows en sus recientes versiones NT/2000, con 35% del total de las empresas encuestadas y 3 938 horas hombre utilizadas para su construcción (ver cuadro 54). El hecho de que sea Windows NT la principal plataforma usada es consecuente con el hecho de que sus desarrollos de software están netamente orientados al segmento empresarial.

También es alto el porcentaje de empresas que utiliza para desarrollo de software el sistema operativo UNIX (24.1%), con 2 709 horas hombre utilizadas para su construcción. Entre sus distintas versiones, Linux representa 6.2% del total, con el uso de 696 horas hombre (ver cuadro 54 ).

En cambio, existe una proporción considerable de firmas que usa sistemas operativos MAC OS 8/X, y Windows x/x (10.0%), con un total de 1 125 horas hombres para su construcción. También un importante número de empresas

(14.1%) utilizan OS/390, VM, VMS, VSE, Wang VS, con un total de horas de 1 589 para su construcción. Se observa, por otro lado, una cantidad relativamente baja de empresas que usan sistemas operativos ya fuera de uso o superados por otros sistemas (ver cuadro 54).

**Cuadro 54**

SISTEMAS OPERATIVOS MÁS ACTUALIZADOS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE EN MÉXICO, 2002		
Sistemas operativos	Total de horas hombre	%
OS/390, VM, VMS, VSE, Wang	1 589	14.1%
MVS.	871	7.7%
Macintosh, MS-DOS, Windows	256	2.3%
MacOS 8/X, Windows	1 125	10.0%
Linux	697	6.2%
Unix	2 709	24.1%
Windows NT/2000	3 938	35.0%
*Otros	53	0.5%
<b>TOTAL</b>	<b>11 238</b>	

Fuente: Seclt, mayo de 2003

\*Otros incluye: Todas las plataformas Windows, SO de SmartCards, MS DOS.

### 3.4 La importancia del territorio en las configuraciones híbridas de las empresas de software

A fin de entender la relación que se establece entre la dinámica del tejido productivo (las empresas de software) y su entorno en México, es necesario incorporar el concepto de territorio: el espacio donde se desarrollan actividades económicas, sociales y culturales, un lugar que compite con otros territorios, cuyas acciones permiten que subsista y se desarrolle un tejido social apropiado. Pero ¿por qué precisar, en principio, el concepto de territorio?

- Porque el territorio es un espacio específico formado por un grupo de participantes, que posee recursos específicos, tanto materiales como

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

humanos y sociales. Es un lugar donde se interactúa permanentemente con todo lo que le rodea (OCDE, 1996).

- Porque posee una dimensión espacial, es decir, localización geográfica, además de una dimensión temporal o histórica, y con ella un bagaje de tradiciones y relaciones sociales, cristalizadas en instituciones informales, y una dimensión de las relaciones sociales.

Otro término importante que ayuda a entender el espacio donde se establecen las empresas desarrolladoras de software creando un ambiente productivo o atmósfera propia de los *high tech* es el concepto de *cluster*. Éste se refiere a la concentración de empresas de un solo sector en una misma región (condición necesaria) con relaciones inter o intrafirmas (condición suficiente), con relación entre sectores (condiciones de escalamiento), con intervención de agentes locales gubernamentales y privados (condición sistémica) y con proyectos estratégicos de competitividad sistémica (condición extraordinaria) (Carrillo y Hualde, 2000).

Una estrategia para el desarrollo de un *cluster* de software tiene que considerar necesariamente la dimensión del mercado interno, la capacidad de exportación, la capacidad empresarial y cultural de los agentes productivos, una estrategia de política pública bien orientada, un continuo intercambio de informaciones entre los distintos actores que interactúan en ese espacio, la presencia de una demanda y de un amplio contexto de mercado, la existencia de un ambiente de cooperación, la presencia local de un *know how* tecnológico, entre muchas otras cuestiones.

Si bien los trabajos sobre los *clusters* fueron importantes para descubrir la existencia de este tipo de sinergias que se encontraban en un territorio específico, el término de "tecnopolos" fue también utilizado para designar de manera genérica nuevas formas de organización en un territorio. Los modelos de tecnopolos tienen como objetivo promover los procesos de innovación tecnológica y el dinamismo local y regional; su implantación tiende a ganar énfasis, sobre todo en las dos décadas recientes, como opciones que los actores locales y regionales adopten para poder insertarse de manera más estratégica en la actual economía mundial,

altamente competitiva, globalizada e informacional. En este concepto resaltan las capacidades para desarrollar nuevas tecnologías y conocimientos, así como para elevar el contenido tecnológico de productos y servicios, cuestiones que han sido constantemente planteadas por los diferentes países, ciudades, estados y empresarios.

El desarrollo de un *cluster* o de un tecnopolo de software no es un proceso rápido ni fácil; para establecer cualquiera de los modelos se necesita de una estrategia de mediano-largo plazo y resulta difícil adaptarlos a las características de cada situación o adoptar acciones estandarizadas tomándolos como ejemplos. Estas condiciones se deben tener en cuenta a la hora de diseñar políticas nacionales o regionales de desarrollo industrial.

A la luz de las experiencias que se han tenido en México, se podría hablar de "modelos híbridos" o de "tibios" intentos y esfuerzos dirigidos a poner en marcha un modelo de *cluster* en el sector de software. No obstante, cabe destacar los esfuerzos de los gobiernos federales, estatales y locales para concretar en acciones y estrategias los lineamientos del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (Prosoft). Sin embargo, la definición y elección de un esquema o modelo para aplicar en México resulta, en términos generales, de difícil implementación, dadas la complejidad de su establecimiento y las condiciones en que se encuentra la industria de software del país.

A grandes rasgos, las empresas de software en México comparten en el presente expectativas comunes. Son específicamente locales y se encuentran instaladas en ciudades. No necesitan aún de grandes parques industriales (por otra parte, un concepto en desuso al hablar de tecnologías de punta) ni de grandes conglomerados, como son los tecnopolos. Son pequeñas, están reguladas por relaciones informales. Configuran una organización productiva que intenta ser diferente, abierta al territorio de pertenencia, pero no a grandes conjuntos de fábricas. No se encuentran concentradas en un mismo barrio o zona, más bien

están dispersas en un mismo territorio. No hay un intercambio de conocimientos ni de producción entre las empresas. Muchas ni se conocen entre ellas. Necesitan, en cambio, de la sinergia establecida con las universidades y los centros de investigación del lugar donde se localizan, de los que se nutren para reclutar su personal y combinar sus investigaciones. Se involucran con otras realidades productivas (desarrolladores de otros países, firmas internacionales de hardware, de computadoras, de electrónica en general o con sus propios clientes). Conforman un sistema más bien simple y no muy dinámico. Se rigen por reglas informales (horarios, relaciones flexibles), que involucran una multiplicidad de elementos personales y subjetivos, y a la vez comparten cierta rigidez, generada por la misma organización en cada proceso de la producción, no tan severa y estandarizada como en otros tipos de producción, pero sí por momentos caótica y por otros de extrema formalidad, según datos recabados por nuestras entrevistas con funcionarios, dueños y empleados de estas empresas.

Los modelos híbridos que se pueden describir en México responden a la manera en que la industria del software se ha ido localizando en ciertas regiones del país. La mayor concentración de empresas se encuentra en el Distrito Federal (un 55%):

Existen diferentes factores que han impulsado el desarrollo del cluster, un elemento básico es que muchas de las empresas transnacionales tienen ubicadas en la ciudad sus oficinas centrales y en algunos casos tienen departamentos de investigación, como es el caso de la IBM. A lo anterior se suma la expansión de micro y pequeñas empresas que han logrado establecer conversaciones formales e informales para agruparse y constituir una plataforma de exportación... El cluster de edición y desarrollo de software en el Distrito Federal está conformado por 130 empresas, las cuales ocupan alrededor de 2 500 personas, con una productividad promedio de 23 mil dólares (Ruiz Durán, 2002, p. 6).

Otra importante concentración de empresas de software se ubica en Monterrey (Nuevo León). Los factores que han impulsado el desarrollo de la industria del software en esta ciudad se relacionan más, por una parte, con las necesidades de las grandes empresas que residen en este lugar y, por otra, por la importancia de las universidades que existen, las cuales son también proveedoras de software:

Un elemento clave en el desarrollo de la industria fue el Instituto Tecnológico de Monterrey y la Universidad de Nuevo León, la mayor parte de los ingenieros en sistemas que crearon la industria son egresados de estas instituciones. Existe una alta vinculación entre estas instituciones y las empresas, que existen programas de entrenamiento en las empresas para los estudiantes, con lo cual se genera una interacción permanente (*Idem*, 2002, p.10).

En Monterrey se encuentra la trasnacional más importante en México: la empresa Softek.

El estado de Jalisco fue quizás el que por sus antecedentes en la industria electrónica atrajo una gran cantidad de empresas internacionales, que intentaron constituir una especie de Valle del Silicón mexicano. Posteriormente, ante la crisis por la cual atravesó la industria electrónica y las maquiladoras que la conformaban, se consideró la necesidad de reorientar esta actividad para hacerla prioritaria en la generación de nuevos empleos y constituir la base del crecimiento industrial, sustentado en la creación de software y productos para exportación y no en la maquila de procesos.

El gobierno del estado estableció un amplio programa al respecto, el Prosoftjal. En el Primer Foro de la Industria del Software en Jalisco, celebrado los días 19 y 20 de junio de 2003 se dieron a conocer algunos datos significativos respecto de la región y del sector. Entre ellos, que en junio de 2001, en esta entidad federativa se encontraban establecidas 151 MIPYMES que desarrollaban software, más IMB. Estas empresas contaban con aproximadamente 500 desarrolladores en total,

contrastando con IBM, que en ese momento contaba con 540 diseñadores e ingenieros de software en sus instalaciones de El Salto (Jalisco). En la actualidad, IBM rebasa los 600 desarrolladores. Sin embargo, sólo 67 empresas jaliscienses tienen fachada a la calle. El resto son virtuales o imaginarias.

En Jalisco existen 13 universidades que ofrecen carreras relacionadas con tecnologías de la información y más de 500 cursos diferentes, pero no necesariamente con la preparación y orientación que requiere la industria. Lo grave de esto es que las empresas destinan de seis a nueve meses de capacitación para los recién egresados de universidades reconocidas, de los cuales los primeros tres a seis meses se dedican a que los futuros desarrolladores desaprendan lo que aprendieron en su formación académica (Medina Gómez, 2003).

Por otra parte, el investigador Clemente Ruiz Durán (2002) afirma que Aguascalientes es el único lugar en México que desarrolló una verdadera metodología para crear un *cluster*. Según este autor, la industria del software

Inició su desarrollo como parte interna de los procesos de producción (*embedded software*) en la industria automotriz o en la electrónica (Xerox y Texas Instruments). Estas empresas contrataron ingenieros en sistemas locales para adaptar el software a las necesidades de las plantas ubicadas en México. Este proceso llevó a que muchos de estos ingenieros obtuvieran una capacitación básica en programación, lo que permitió que en los noventa muchos de ellos iniciaran sus propios negocios de software (*Idem*, 2000, p. 15).

En la actualidad existen en este estado 34 empresas, con ventas totales de alrededor de 4.3 millones de dólares. Existe una asociación civil que agrupa a las firmas de software (Innovatia), y el gobierno estatal creó una institución de apoyo tecnológico: el Centro de Desarrollo de Tecnologías de la Información (Cediti), en coordinación con el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de

Aguascalientes (Concytea), equivalente local del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt). Con esto se pretende coordinar las acciones y las políticas para el desarrollo de la industria.

Desde 1999 y hasta la fecha, Guanajuato es otra de las regiones que cuenta, por iniciativa del gobierno estatal, con un programa de fomento a la industria de software, cuyo objetivo es crear las condiciones para que se genere una industria de tecnologías de información, especialmente en el desarrollo de soluciones. Para ello involucró a 11 instituciones académicas,<sup>3</sup> en las cuales más de 40 profesores han formados más de 1 100 alumnos. Participa en el programa, además del gobierno del estado, el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (Concyteg).

Fomento a la Industria del Software en el Estado de Puebla (FISEP) forma parte de otro de los programas estatales en el que se establecen acciones impostergables que reorienten la demanda educativa hacia programas efectivos, en respuesta a las nuevas exigencias sociales y a las necesidades regionales de crecimiento. Esto implica no sólo la renovación de los paradigmas curriculares, la actualización de los programas de estudio y formación pertinente de los docentes, sino, además, la operación de programas y proyectos viables que fortalezcan el desarrollo de actitudes emprendedoras y creativas, para asegurar que los profesionales egresados continúen desempeñando un papel fundamental en el proceso de desarrollo estatal y nacional, en el contexto de la sociedad del conocimiento.

En el marco de este programa, el gobierno del estado de Puebla y la Secretaría de Economía organizaron en 2001 y 2002 el primero y segundo Encuentro Nacional de la Industria del Software, en el que lograron reunir a investigadores,

---

<sup>3</sup> Instituto Tecnológico de León (ITL), Instituto Tecnológico de Celaya (ITC), Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica (Conalep) de León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Electrónica (FIMME), Instituto Tecnológico del Sur (Itsur), Instituto Tecnológico del Suroeste de Guanajuato (ITSOE), Instituto Tecnológico de Irapuato (Itesi), Universidad Tecnológica de León (UTL), Instituto Tecnológico del Norte de Guanajuato (UTNG), Universidad La Salle Bajío, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM).

empresarios y gobierno, con los objetivos de hacer un diagnóstico del subsector, así como de discutir las políticas y necesidades vigentes. En el estado ya se localizan algunas importantes empresas de software, tales como Gedas, Motorola, Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y algunas más pequeñas.

El estado de Campeche, dentro de su plan 2002, ha determinado dos sectores estratégicos para su desarrollo en el largo plazo: software y turismo. Esta iniciativa suma las capacidades de la Secretaría de Educación y Deporte y la Secretaría de Fomento a la Industria y Comercio (Sefico). Microsoft, aporta para este proyecto una importante colaboración con las recientes herramientas de software, así como la formación de la primera generación de profesores con dominio de tecnologías y metodologías de vanguardia. Para marzo de 2003, Campeche contará con más de 400 alumnos listos para iniciar su vinculación con la industria de desarrollo de software regional y nacional, con manejo de técnicas y procedimientos de punta.

Sin embargo, y a pesar de las experiencias descritas y de todos los esfuerzos mancomunados para el logro de estas expectativas, las experiencias mexicanas resultan débiles, ya sea por su escasa producción, por el número de empresas que conforman estos espacios, por la falta de complementariedad e innovación y por la todavía escasa cantidad de recursos humanos competitivos, factores todos que ponen de relieve los límites que aún condicionan el pleno desarrollo de *clusters*.

En muchos estados recién se empieza a pensar seriamente en la existencia de núcleos de educación superior que se orienten de manera específica a la formación de recursos humanos para la industria del software, como primera e indiscutible condición para que ésta pueda desarrollarse. Este acercamiento debe servir para que la empresa mantenga su seguimiento de la actividad de formación de técnicos y profesionales, y para que la academia conozca demandas y

requerimientos de la empresa, tanto en materia de recursos humanos como de conocimientos y de desarrollos tecnológicos.

Será necesario también que el gobierno descentralice su producción de software cautivo para generar una demanda en todo el territorio que estimule la creación de nuevas empresas y el aumento de la producción de las ya existentes.

Todas las condiciones hacen recomendable que la iniciativa comenzada en México con el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software se lleve cada vez más a la práctica, dotando a las diversas concentraciones señaladas de las ventajas promocionales que se estimen más convenientes.

### **3. 5 La piratería: legislación y normatividad**

Como todos los países latinoamericanos, México no está exento de ser víctima frecuente de la piratería informática. La comercialización irregular de copias no autorizadas de paquetes de software por lo general de difusión masiva (tales como entornos de trabajos y computadoras personales y aplicaciones como plantillas de cálculo, procesadores de palabra, software recreativo, etc.) es constante, puestos dispositivos son fácilmente reproducibles en el mercado.

La piratería en América Latina continúa siendo alta y esta región se ubica como la segunda en el mundo con más frecuencia en esta práctica. En México, según los resultados arrojados por el más reciente estudio (el sexto que hace) de la Business Software Alliance (BSA),<sup>4</sup> efectuado por la International Planning and Research Corp. (IPR), las pérdidas por piratería aumentaron de 133 964 millones de dólares en 1999 a 180 164 millones de dólares durante el año 2000.

El estudio señala que México y Brasil, las dos economías más grandes de la región, tuvieron un porcentaje de piratería constante, sin ningún cambio entre

---

<sup>4</sup> La Business Software Alliance ([www.bsa.org](http://www.bsa.org)) es el organismo dedicado a promover un mundo interconectado seguro y legal. La BSA es la voz de las industrias de software, hardware e Internet del planeta ante los gobiernos y consumidores dentro de un mercado internacional.

1999 y el 2000. Sus porcentajes actuales son 56% y 58%, respectivamente. La tercera economía, Argentina, también se mantuvo en 58%, y Chile, una vez más, presentó el porcentaje más bajo de América Latina: 49 por ciento.

En el estudio se evaluaron los datos de las ventas, así como la información del mercado en 85 países de las seis principales regiones del mundo, basándose en 26 diferentes aplicaciones de software comercial. Además, se comparan los porcentajes de piratería del 2000 y los dólares que se perdieron por la piratería de software entre 1994 y 1999. No obstante, las cifras deben ser tomadas con cautela, considerando que: *i)* son producidas por los propios interesados, pues la BSA está integrada por las mayores empresas mundiales que producen software empaquetado; *ii)* se realizan con el supuesto de que todo usuario de un programa "pirateado" sería un comprador del mismo al precio vigente en el mercado, lo que no necesariamente es cierto en los casos estudiados.

Sin embargo, no cabe ninguna duda de que la regulación es muy importante para el subsector, sobre todo la vinculada con la propiedad intelectual. Con la Ley Federal del Derecho de Autor,<sup>5</sup> en México se pretenden subsanar los daños que ocasiona la piratería, mediante cobros a los productores de equipos que facilitan a individuos o empresas la reproducción de materiales protegidos. El Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual es el órgano encargado de aplicar el derecho de autor. No obstante, la legislación aún carece de los mecanismos suficientes para enfrentar este problema y se tendría que reglamentar sobre la materia de conformidad con criterios y prácticas internacionales, dado que este asunto rebasa las fronteras del país.

Al respecto, ya se han hecho algunos avances. En los años 2001 y 2002 se emitieron reglamentaciones en materia de comercio electrónico, acceso a la información pública, Norma Oficial Mexicana para el Archivo y Conservación de

---

<sup>5</sup> Ley Federal del Derecho de Autor, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 24 de diciembre de 1996.

Mensajes de Datos y están en proceso leyes en materia de factura electrónica, firma electrónica, entidades certificadoras y derecho a la privacidad (*Habeas data*), con lo que el marco legal mexicano en materia de legislación "digital" se adecuará a los estándares internacionales.

### 3.6 Políticas públicas

La intervención estatal para fomentar la industria del software encuentra sus orígenes cuando la Secretaría de Economía (SE) y las diversas firmas de la industria de tecnologías de información desarrollan una serie de proyectos acordados anteriormente,<sup>6</sup> como la creación oficial del Instituto de la Economía Digital, el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software y el Portal para la Industria Mexicana de Software, que forman parte de los lineamientos contenidos en el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 (PND), cuyo objetivo consiste en elevar y extender la competitividad del país en la promoción, uso y aprovechamiento de la tecnología y la información en las micro, pequeñas y medianas empresas (MPYMES).

Si bien podemos tomar la fecha de fundación de la Asociación Nacional de la Industria de Programas de Cómputo (ANIPCI), 1985, como el punto de partido de la existencia de una masa crítica de empresas preocupadas por la consolidación de este segmento industrial, en ausencia de una política de fomento por parte del Estado, los diez y siete [sic] años transcurridos a la fecha, comparados con los tiempos de desarrollo de segmentos industriales tradicionales no han sido suficientes para que este segmento madure (Maroto y Zavala, 2003).

En la actualidad, el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PDIS) es uno de los medios que el ejecutivo federal utiliza para definir las líneas de acción con que llevará a la práctica esa estrategia del PND, a través de la

---

<sup>6</sup> Foro de Análisis de Política Informática (noviembre de 1994), Foro de Consulta Popular sobre Informática (abril de 1995), Plan Nacional de Desarrollo (1995-2000), publicado en 1996.

Subsecretaría de Comercio Interior de la Secretaría de Economía. Asimismo, es una de las iniciativas surgidas en el seno del proyecto e-economía, que junto con e-educación, e-salud y e-gobierno integran el proyecto nacional e-México.

Los objetivos fundamentales del programa son:

- Crear las condiciones necesarias para la formación de una industria del software y su inserción en los mercados internacionales;
- Fortalecer el mercado interno, fomentando la aplicación de las TIC en todas las actividades sustantivas de los sectores públicos y privado;
- Establecer un plan y una política nacional que permita un desarrollo sostenido del comercio exterior de servicios de TI.

Según los lineamientos específicos del programa, el ejecutivo federal asume el compromiso de trabajar para convertir a México en un país con vocación para liderar el desarrollo de software. La visión de los retos y oportunidades, así como de la estrategia para enfrentarlos, son compartidas por las autoridades federales, estatales y municipales, las empresas, las instituciones académicas y el poder legislativo. El PDIS cuenta con participación académica, de la industria local e internacional, así como de las dependencias de gobierno relacionadas, tales como Bancomext, Nacional Financiera (Nafinsa), Instituto Latinoamericano de Comunicación Educativa (ILCE), entre otras, con el objetivo de canalizar esfuerzos para la consolidación, fortalecimiento y expansión de este segmento empresarial.

Las áreas de oportunidad se encuentran en:

- a) Aprovechar el gran tamaño del mercado externo, orientando el crecimiento de la industria de software hacia la exportación.
- b) Crear empresas competitivas internacionalmente.
- c) Atraer compañías internacionales líderes.
- d) Atender a las empresas que ya existen, para dar solución a los problemas que

obstaculicen su operación en el mercado interno.

- e) Facilitar la incursión de las firmas locales en el mercado internacional.
- f) Dirigirse hacia mercados de software emergentes que las soluciones de software existentes no han atendido eficazmente.
- g) Facilitar la unión de esfuerzos de las capacidades existentes para el desarrollo de software.
- h) Facilitar los procesos de innovación de software en las capacidades existentes.

Para responder a los problemas identificados, se trabaja con siete estrategias básicas:

1. Promover las exportaciones y la atracción de inversiones.
2. Educación y formación de personal competente en el desarrollo de software, en cantidad y calidad convenientes.
3. Contar con un marco normativo y promotor de la industria.
4. Desarrollar el mercado interno.
5. Fortalecer a la industria local.
6. Alcanzar niveles internacionales en capacidad de procesos.
7. Promover la construcción de infraestructura física y de telecomunicaciones.

Por su parte, el Portal para la Industria Mexicana del Software ([www.desarrolladores.com.mx](http://www.desarrolladores.com.mx)) tiene como objetivo atraer desarrolladores independientes, así como convertirse en punto de encuentro entre las empresas de otros ramos y la industria de software. Otros de sus objetivos son el apoyo de mercados, la difusión de capacidades de las empresas hacia el interior del país, información sobre novedades, elaboración y difusión de artículos y reseñas sobre este subsector, etcétera.

Según una evaluación de la Secretaría de Economía, hasta el momento que cubre la presente investigación (julio 2003) se realizó una serie de avances para atender las siete estrategias que integran el programa, a través de actividades que

contaron con la participación de los grupos integrados por subsector, constituidos en mesas de trabajo.

Todas estas iniciativas como parte del programa constituyen un avance indudable. Sin embargo, falta aún mucho camino por recorrer, para ubicar a México como un oferente importante de software tanto en el plano nacional como en el internacional. Deberán ser muchos todavía los esfuerzos a realizar por parte de los sectores público, privado y social, para satisfacer la demanda nacional y colocar al país en la cadena mundial de producción de software, de manera tal que estos recursos intangibles se utilicen para confirmar un patrón de desarrollo sostenible en el largo plazo.

### **3.7 Situación, fortalezas y debilidades del sector en México**

Con base en los datos recogidos durante la presente investigación, y considerando otras informaciones disponibles sobre el tema, existen en México unas 250 firmas productoras de software, entre las que predominan las de dimensión micro y las pequeñas, lo que hace que el subsector se presente pulverizado y débil. Las exportaciones se concentran en pocas empresas transnacionales.

El hecho de que se produzca una gran cantidad de software dentro de las empresas (gobiernos federal y estatal, educación, empresas de distribución, finanzas, manufacturas, procesos y servicios), incluso con cifras muy superiores al total del software desarrollado por las empresas especializadas, explica la escasa autonomía, el poco dinamismo y la baja innovación prevalentes en esta industria. Las empresas en México se encuentran concentradas en áreas específicas, con asentamientos en ciudades. Configuran "modelos híbridos" poco encuadrables dentro de los modelos de *clusters* o tecnopolos.

Las empresas que conformaron la muestra para este trabajo son desarrolladoras

de software a la medida y representan 71% de la facturación total en 2002. En el segmento de desarrolladores de software a la medida, por el número de empleados destacan también las pequeñas empresas, con muy poco desarrollo de las grandes y las corporativas; a su vez, por su facturación sobresale la microempresa (con una facturación anual menor a un millón de dólares). De acuerdo con estos datos, se puede caracterizar al subsector como dominado por un número de firmas micro y pequeñas, de capitales nacionales, dedicadas principalmente a la producción de software administrativo. Este grupo coexiste con un muy escaso número de empresas transnacionales, que se dedican a la exportación y a la comercialización de software para el mercado local.

La producción está orientada hacia el mercado interno; las exportaciones son importantes dentro de la facturación total, pero realizadas por un pequeño número de firmas extranjeras. Esto obedece a que las compañías nacionales no ofrecen todavía productos competitivos para el mercado internacional, derivado de la escasa orientación comercial de las empresas, su debilidad en materia de calidad, así como por su entorno (escaso financiamiento, poco capital de riesgo, políticas públicas incipientes).

El personal técnico empleado en las empresas es mayor que el personal administrativo y está conformado generalmente por licenciados y estudiantes. Hay escaso personal con títulos de posgrado. La mayoría proviene de carreras informáticas. Existe en México una oferta considerable de recursos humanos para este ramo, pero su formación presenta aún carencias para responder a las necesidades efectivas de la industria.

Las firmas usan una amplia gama de herramientas de programación, tanto lenguajes como sistemas operativos. Muy pocas empresas han implementado programas de calidad y también son escasas las que cuentan con certificaciones de calidad. Esto se debe a que todavía la certificación no es considerada por las compañías como un paso para el mejoramiento de la eficiencia económica.

El segmento de la manufactura constituye la principal fuente de ingresos para las empresas desarrolladoras de software a la medida. También existe una alta orientación del mercado hacia las empresas de informática y telecomunicaciones así como a los seguros y servicios financieros. Mucho menor es la participación del gobierno.

Los niveles de piratería en México son altos. El problema radica en la inadecuación de la legislación vigente.

Las políticas públicas tendientes a estimular y facilitar el desarrollo de empresas de software competidoras en los planos nacional e internacional están bien orientadas, pero su implementación es muy reciente, por lo que resulta difícil realizar juicios al respecto.

Con estos datos se puede concluir que las condiciones en México son favorables para que la industria del software siga creciendo, en función de la trayectoria que ha seguido hasta el presente. Esto dependerá de las posibilidades que la economía en su conjunto no sufra grandes reveses, así como del aumento de la demanda interna por medio de la apertura de los sectores cautivos, para permitir la generación y desarrollo de más empresas en el territorio.

En cualquier caso, está claro que México necesita mejorar sus ventajas competitivas para lograr los objetivos propuestos. El subsector de software en el país todavía está lejos de haber alcanzado una etapa de madurez, tanto organizativa como tecnológica, a la vez que su mercado aún se encuentra en proceso de permanente redefinición, tanto en el ámbito de las exportaciones como del mercado interno.

## CAPÍTULO IV. LAS FORMAS DE ORGANIZACIÓN, LOS PROCESOS DE CALIDAD Y LOS TRABAJADORES DEL CONOCIMIENTO EN LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE

El propósito principal de este capítulo es identificar los principales elementos que conforman la *pro-ducción*<sup>1</sup> de software y las distintas etapas (comúnmente llamadas fases o partidas) de su gestión. Otro de los objetivos es describir el contexto y el *management* en el cual se encuentra la organización de las empresas de software, sobre todo los procesos de mejora de calidad, principal factor de competitividad de una empresa de software. Si bien la organización de las empresas de software deberían responder a los procesos y parámetros establecidos, con el objetivo de lograr competitividad y a pesar de ser una tendencia que brega por afirmarse en el sector, son pocas las empresas a nivel internacional y muchos menos en América Latina y en México en particular las que logran estos procesos de calidad y su correspondiente certificación. Por último se aborda el tema de los trabajadores del conocimiento, puesto que son quienes la industria del software involucra en sus organizaciones. Además, se analizan las características de la oferta educativa de las universidades del país en las carreras atinentes con la demanda en la industria del software, pues se busca conocer la cantidad de profesionales preparados para el sector (egresados de los programas de licenciatura en informática y computación en México, así como de estudios superiores en maestrías y doctorados).

### 4.1 Las características de un nuevo modelo de organización

Algunos expertos de la ciencia del *management* (William E. Halal, Kenneth B. Taylor, 1999) afirman que las nuevas tecnologías han revolucionado la organización de las empresas, las cuales han superado las viejas jerarquías y las han sustituido con una red horizontal de relaciones de cooperación, mucho más

---

<sup>1</sup> Fabio Boscherini y Lucio Poma (2000) distinguen los diferentes significados que tiene el término "producción". *Producción* describe la producción física de los bienes; el término *pro-ducción* – separado por el guión– se refiere a la producción de conocimiento.

adecuadas para gestionar las formas de competencia generada por la Nueva Economía. En efecto, muchas experiencias realizadas por distintas empresas ponen de manifiesto cómo las nuevas tecnologías han producido cambios culturales y antropológicos muy profundos en la organización de las mismas.<sup>2</sup>

De hecho, la empresa de software representa el modelo más acabado de empresa posfordista,<sup>3</sup> caracterizada por la introducción de conocimiento como componente predominante de la *pro-ducción*. Su forma de organización modificó radicalmente las formas tradicionales conocidas en el contexto internacional como fordismo. El viejo "mundo del acero", del "cemento" y de "los grandes establecimientos", distintivo del siglo veinte, así como la verticalidad de la organización, la racionalización de los movimientos y el control directo de los instintos, factores que distinguieron a los viejos métodos de comando y de control, dieron paso a un nuevo modelo de organización (Revelli, 2000). La producción de masa estandarizada y la organización científica del trabajo sufrieron irreversibles transformaciones. La *pro-ducción* inmaterial del software, máquina lingüística finalizada a la "*pro-ducción* de lenguaje por medio de otro lenguaje", se traduce en comunicación verbal, simbólica y horizontal, trabajo en red, participación directa en el trabajo (grave violación para el código taylorista), y conlleva la coordinación de recursos humanos y tecnológicos con un alto potencial de subjetividad y socialización del conocimiento. La empresa del software encarna en su antropología la antítesis del fordismo, por la inversión radical de sus métodos, su forma organizacional, su misma "morfología". Este nuevo paradigma productivo,

---

<sup>2</sup> Tal es el caso de la empresa IBM, la cual, después de una investigación realizada entre sus 300 000 empleados repartidos por el todo el mundo concluyó que toda esta gente considera la Intranet empresarial como la fuente más confiable de conocimientos e información, poniendo en circulación un gigantesco experimento de socialización del conocimiento. También la empresa WorlJam involucró al menos 50 000 empleados que se intercambiaron una gran cantidad de ideas, proyectos, observaciones críticas y sugerencias relativas a estrategias y políticas empresariales, organización del trabajo, etc. (Fomentí, 2002)

<sup>3</sup> Modelo de empresa basado en cambios en la organización y la tecnología que permitieron pasar del modelo tradicional fordista (caracterizado por la producción estandarizada, por empresas organizadas en forma vertical, por el trabajo asalariado y el obrero masa) a nuevos tipos de estructuras empresariales, más flexibles, en red, cuya centralidad está puesta en la producción de conocimiento.

fundado en el "capital intelectual",<sup>4</sup> representa un eminente cambio respecto del precedente paradigma "fordista", tanto en el plano de la organización dentro de la fábrica, como en el proceso de valorización externa del capital.

A pesar de la gran importancia que tuviera, por ejemplo, la empresa IBM, la cual se involucró en estos cambios de organización, sin embargo, uno de los hechos más representativos de esta revolución tecnológica, organizacional y sociocultural que determinó la transición de la organización denominada fordista a la posfordista del proceso productivo se encuentra en la estrategia de organización de otra empresa: la Microsoft. La IBM desarrolló, sin lugar a dudas, un notable papel propulsor del proceso de terciarización que, en el seno del viejo modo de producir, estaba creando los presupuestos de una nueva fase del desarrollo capitalista: en primer lugar, porque supo aprovechar las tecnologías informáticas para el desarrollo de un nuevo modelo de organización, mucho más complejo, articulado y flexible que el prevalente hasta el momento —basado en la producción de bienes de consumo durables—, pero sobre todo porque supo exportar tal modelo (el negocio de la IBM no se agotaba en la producción y venta de computadoras, sino que se fundaba sobre todo en el conjunto de programas, procedimientos, servicios de asistencia y asesoría que, asociados con la venta de hardware, contribuían a transformar la organización del trabajo de las empresas clientes). Sin embargo, la estrategia de la IBM, por más innovadora que fuera, quedó entrampada dentro de la vieja lógica industrial, como lo demuestra la decisión de continuar desafiando al mercado con la producción de calculadoras *mainframe*, ignorando las perspectivas del consumo de masa de las tecnologías informáticas que ocasionó la invención de la PC. Microsoft fue quien supo aprovechar este proceso con la difusión del software masivo para la PC y por eso podemos decir que es la empresa cuyo modelo pertenece plenamente a la era posfordista.

---

<sup>4</sup> Expresión usada por Th. Stewart, *Intellectual Capital. The New Wealth of Organizations*, Doubleday Courcey, New York, 1997, p. 39.

Para describir algunos de los aspectos más notables de dichos cambios, en la organización de las empresas, se exponen los resultados obtenidos por una investigación llevada a cabo en cien empresas internacionales de software: *Secrets of Software Success. Management Insights from 100 Software Firms around the World*. (Hoch- Cyriac R. Roeding-Gert Pudert; Sandro K. Lindner, 2000). También se hace referencia a los estudios de caso realizados en las 30 empresas radicadas en México, nacionales e internacionales, consideradas como las más exitosas, por sus índices de productividad, crecimiento e innovación (descritas en el capítulo III).

#### **4.2 Aspectos generales**

Hasta finales de los años sesenta y principios de los setenta se intentó modificar el carácter artesanal de la industria del software, basada casi exclusivamente en las habilidades individuales de los profesionales (quienes tenían una gran dependencia del código) y en una gestión muy pobre de los procesos. Además, contaba, y aún cuenta, con una característica peculiar: la productividad en el software y la calidad del producto obtenido estaba en gran parte determinado por las personas, y su mantenimiento prácticamente requería de la persona que lo había realizado. Esta situación conducía normalmente a una baja productividad y a una mala calidad del producto final.

A medida que iban creciendo los costos de personal y la complejidad de los sistemas, esta forma de trabajo se hizo insostenible. Así, en la conferencia de la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) de 1969 se abordó el tema y se acuñó el término "ingeniería del software" con el objetivo de hacer frente a este problema creciente. Poco después comenzó (finales de los años setenta y principios de los ochenta) una fuerte investigación en tecnología, desarrollándose nuevos métodos, técnicas y herramientas, por ejemplo, CASE, la orientación a objetos: UML (*Unified Modelling Language*), y herramientas de programación en general. Todas estas iniciativas realizaron mejoras puntuales e importantes, pero

no lograron ofrecer una solución eficaz a los problemas del desarrollo de software en las empresas.

A mediados de la década de los ochenta, los procesos de desarrollo y mantenimiento del software eran con frecuencia imprevisibles, y la garantía de funcionamiento y calidad del software desiguales. En general, los principales problemas presentados por los productos software (entregas con retraso, costo elevado, no fiables, con fallas e imperfecciones, etc.) se deben en gran parte a problemas de proceso.

Para tratar de resolver estos problemas, la comunidad de ingeniería del software comenzó a investigar sobre las maneras de mejorar los procesos de producción software, sin abandonar lo referente a la tecnología, a partir de 1986 en los Estados Unidos y de 1991 en Europa. Estas investigaciones centradas en el proceso se revelaron en las décadas de los ochenta y noventa como fundamentales para la evolución de la ingeniería del software en su camino hacia la mejora de la productividad, de la calidad y de la disminución de los riesgos.

El concepto de calidad en el software es muy distinto del de cualquier producto o servicio del sector industrial, ya que el software, según el IEEE Std. 610. 12, 1990 (*Standard Glossary of Software Engineering Terminology*), es el "conjunto de programas de ordenador, los procedimientos y, posiblemente, la documentación asociada y los datos relativos a la operación del sistema informático" y tiene unas características muy especiales: es desarrollo, no se fabrica, es un producto lógico y no físico, y no se degrada con el uso. Esto no quiere decir que la tecnología y las herramientas utilizadas no sean importantes, sino que el énfasis está puesto precisamente en el proceso y la gestión, por ser el conjunto de actividades, métodos, prácticas y transformaciones que utilizan las personas para desarrollar y mantener el software y sus productos asociados. Así, un proceso en el ámbito del software podrá ser la gestión o la definición de los requisitos, asegurar la calidad y el control de dicho proyecto, las pruebas, etcétera.

A medida que una empresa de software madura, institucionaliza su proceso mediante directrices, estándares y estructuras organizativas. La *institucionalización* implica construir una infraestructura y una cultura que soporte los métodos, prácticas y procedimientos de la empresa, para que éstos perduren después de que quienes los definieron hayan abandonado la compañía.

Todos estos procesos, conocidos como Mejora del Proceso Software, constituyen el principal factor de competitividad de una empresa de software, ya que con ellos se obtienen mejores tasas de retorno de la inversión, costos de producción menores, mejor calidad de los productos, etc. También propician beneficios menos tangibles, como un entorno de trabajo más estable, una reducción de la tasa de rotación del personal y una mejora en las relaciones de trabajo con los clientes. La organización de las empresas de software, por tanto, debería responder a estos parámetros, con el objetivo de lograr competitividad en el mercado. Sin embargo, son pocas las empresas que lo logran, ya que es un proceso lento y largo en el tiempo.

Los modelos anteriores desarrollados dentro de una organización disciplinada y basados en la cadena de montaje, ya no son viables para la creación y adaptación de conocimiento. Al tomar conciencia de este hecho, los desarrolladores en las empresas de software eluden aplicar esos viejos modelos y crean uno nuevo, más dinámico, creativo y exento de rígidas disciplinas. Este proceso es apoyado, a su vez, por los empresarios, con el objetivo de estimular la mejora del proceso de manera continua. El reto consiste en administrar actividades que nunca han sido ejecutadas en el pasado y tal vez nunca sean repetidas en el futuro.

Al inicio de los procesos, la incertidumbre en términos de programación y costos constituye uno de los elementos del "caos organizativo". Para disminuir esa

incertidumbre se recurre a la arquitectura flexible del producto,<sup>5</sup> aunque se mantengan rígidos los tiempos de desarrollo.

Comparativamente con la industria de ensamble, que es puro ensamble, en la cual diseñas una vez y todo lo demás es repetirlo. El software no es así. Ha venido cambiando; y cambia continuamente... Tú puedes ir incorporando a su vez nuevos códigos... Dentro del caos existen reglas. Nada está predefinido, todo lo tienes que ir haciendo. Eso es lo que se entiende por caos. Todos los que participan en el equipo son diferentes, tienen habilidades diferentes, todos enfocan un problema diferente, todas las soluciones son diferentes. Pero existe un proceso, existen reglas que uniforman el proceso... (Entrevista realizada a un director de IBM, México, diciembre de 2002).

El método de organización en equipos de producción de software constituye otra de las características que exhibe la organización de la empresa de software, ya que la mayor parte del software industrial está desarrollado por equipos. Tiene sus orígenes en el concepto de equipo: jefes-programadores, propuesto por Harlan Mills y descrito por Baker (citado por Villalobos Hernández y Gutiérrez Tornés, 2001). El núcleo del equipo está conformado por programadores de mayor y menor talento. Las figuras que lo integran son, básicamente: a) un ingeniero *senior* (programador jefe), que se ocupa de planificar, dirigir el análisis y las actividades de desarrollo, así como de coordinar todo el proceso de trabajo; b) trabajadores vinculados con la elaboración teórica, dedicados a elaborar las ideas y redactar el documento base de referencia; c) un trabajador que crea los dispositivos especiales, útiles para el desarrollo del producto; d) un programador que experimenta y verifica el producto en su forma final, y e) el personal técnico, compuesto por un grupo de dos a cinco personas. El capital humano e intelectual se transforma, en consecuencia, en el principal componente de la empresa desarrolladora de software. La formación de equipos es tan importante que,

---

<sup>5</sup> Arquitectura flexible del producto significa que pueden incorporarse, con el tiempo, nuevas funciones al programa en elaboración.

cuando los proyectos de software fracasan, generalmente se debe a problemas del trabajo en equipo y no a aspectos técnicos.

Huelga destacar que específicamente en la producción de software intervienen, de igual modo, diversos actores. Para software de alta complejidad, como son los sistemas operativos (Windows, DOS, UNIX, etc.), los de gráfica (Adobe, Corel) o los componentes de Microsoft Office, Netscape, etc., participan desarrolladores reunidos en grandes grupos de trabajo al interior de las empresas. Otras formas de producción de software han tenido sus orígenes en un núcleo universitario, que posteriormente devino en desarrollo comercial, o, bien, han sido desarrollados por programadores independientes (software libre), por ejemplo, Linux. Esta tendencia indica que, mientras más complejo es el programa, más se necesitan grandes grupos de trabajo. Si se trata de software pequeños, aparecen desarrolladores individuales; caso típico de software producidos en Internet (Fritz, en Cafassi, p. 191). Para el desarrollo de software a la medida intervienen grupos más pequeños, formados por tres o cuatro personas, y en algunos casos un solo desarrollador.

El número de programadores que se requiere para el desarrollo de un programa de software depende del tamaño de los proyectos. Para proyectos pequeños, por ejemplo, se emplea un programador durante un periodo de uno a seis meses, pues no revisten de un alto grado de formalidad ni mantienen interacción con otros programas. Para proyectos medianos (en los que existe una mayor interacción entre varios programadores y los usuarios, y presentan una mayor formalidad en la planeación, documentación y revisión) se necesita de dos a cinco programadores que trabajen menos de un año. Para los grandes proyectos se contrata de cinco a 20 programadores, pues es necesario verificar problemas de comunicación y hay una gran rotación de personal, por lo que resulta indispensable proporcionar formación y entrenamiento particular al personal que va ingresando. En estos proyectos son esenciales los procesos de sistematización, documentación estándar y revisiones formales.

El equipo que conforma el desarrollo de software puede estar asesorado por otros especialistas (tales como expertos en telecomunicaciones, diseñadores de bases de datos, etc.), por una plantilla de soporte documentado (técnicos, ejecutivos, etc.) y por un administrador de base de datos. El tiempo estimado para realizar los proyectos de software oscila entre uno o más de 12 meses, dependiendo de su tamaño e importancia (Villalobos Hernández y Gutiérrez Tornés, 2001).

El líder de proyectos es una figura que se destaca, pues los programadores, analistas y demás miembros del grupo de sistemas de una empresa adoptan las directrices que este les indica. Es además el encargado de lograr la cohesión necesaria dentro del grupo, fomentando el sentido de unidad o identidad, representada por símbolos o situaciones que identifican al equipo de trabajo como tal: por ejemplo, las reuniones cara a cara, que permiten a los miembros del equipo sentirse parte del mismo; los espacios físicos especialmente destinados para el trabajo en equipo (*war rooms*) y la difusión del trabajo realizado (conocimiento compartido). El factor humano es un elemento determinante específico en la productividad de software, ya que, si no se logra transmitir a todos los involucrados las especificaciones del sistema, los integrantes del equipo no realizan su trabajo con mayor interés, lo que incide en la productividad. En resumen, se genera una estructura funcional con equipos horizontales de trabajo, bien delineados y coordinados por la figura del líder.

el director de Sistemas tiene la mayor responsabilidad en la toma de decisiones. No tenemos gerentes de sistemas, tenemos *líderes de proyectos*, que de toda suerte son gerentes de sistemas de cada uno de los proyectos. [...] Los líderes de proyectos son los responsables de comandar las labores de su equipo de trabajo y decir cuál va a ser la labor de cada uno de ellos. Y de esta forma, podemos ser más eficientes. Dentro de los programadores tenemos distintos niveles, pero esto nada más se refiere a mayor o menor conocimiento, mayor o menor habilidad... (Entrevista al director de ASPEL, México, abril de 2002).

Un factor esencial en este tipo de organización es, sin duda, la participación del cliente (usuario). Él es quien clarifica sus expectativas desde un principio y durante la elaboración del programa, generándose así una dinámica que le permite ir entendiendo mejor los costos, la calidad y la funcionalidad del producto, factores que sólo él evaluará al final. Esta participación directa del cliente se acentúa en el desarrollo de software a la medida. En el desarrollo de software empaquetado en cambio, la atención a los usuarios en muchos casos se da a través de los servicios informáticos que las empresas brindan con la venta del software. También se refiere a la adaptación o a las instrucciones y actualizaciones de programas que se les brinda a los clientes, por firmas desarrolladoras de software. La calidad y la funcionalidad son percibidas como la combinación de los atributos del producto que proporciona mayor satisfacción al cliente. Los productos muestran entonces su calidad en relación con el propósito para el que fueron diseñados, de ahí la importancia de la atención al cliente. Además de los clientes, son especialmente importantes los agentes de venta, quienes mejor conocen las necesidades de los clientes.

Gracias a la intervención de los agentes, del cliente y de los programadores, se logran las modificaciones necesarias en la fase en que se proyecta el producto, en el caso de desarrollo de software a la medida se mantiene un control sobre los costos y se garantizan los tiempos de ejecución, uno de los grandes problemas de los productores de software. Este trabajo conjunto marca otra de las diferencias entre la programación centralizada de la empresa fordista y el modelo participativo de la empresa red.

Los agentes de venta adquieren tal importancia, que más de 40% del personal de las empresas de software se ocupa de tareas relacionadas con la mercadotecnia (Hoch y otros, 2000). Esto se debe a que, en la medida en que más clientes adquieren y utilizan el producto, a tantos más les interesa adquirirlo. La multiplicación entre quienes lo emplean genera una especie de costumbre en el

uso de ese producto y, consecutivamente, confianza en las empresas líderes. A través de todos estos procesos las firmas llegan a tener niveles crecientes de ganancias y, a su vez, la mayoría de las compañías líderes imponen modelos estándares.

Una peculiaridad más a destacar de la empresa desarrolladora de software es la elaboración de prototipos diarios. A diferencia de otras ramas industriales (como la automotriz, que para construir el prototipo de un auto necesita de seis a nueve meses), en la industria del software se pueden realizar prototipos diarios o semanales. Tales programas permiten, por un lado, verificar errores y compatibilidades en las distintas partes del programa y, por otro, la integración de módulos independientes en el mismo prototipo. Del mismo modo, los programas diarios mejoran el rendimiento y calidad del producto final, y procuran un mejor control del proyecto. Este proceso es uno de los elementos determinantes en el éxito de las empresas de software y se logra gracias a la integración de las distintas partes (gestión de los requisitos, definición de los mismos, calidad, control, pruebas, etc.) y a la interdependencia de las compañías.

Los medios digitales posibilitan, asimismo, la configuración de prototipos en poco tiempo. Sin embargo, este aspecto positivo encuentra su contraparte en la carencia de reutilización de los códigos que componen los distintos módulos de los programas. Esta falta de reuso hace que se repitan varias veces las mismas partes, trayendo como consecuencia problemas de calidad y de niveles de productividad. Es justamente a partir de esta constatación que Brad Cox afirma que la industria del software se encuentra en una fase de la "edad de piedra" y que la reutilización de sus componentes daría la posibilidad de un salto cualitativo en la producción. Tracz (1988) observó que los programadores de software primero deben encontrar la utilidad de la reutilización. En efecto, la producción de software comienza siempre prácticamente de cero, a diferencia de otras industrias, que parten de componentes preexistentes. La producción de las partes y el reuso de los códigos que van a componer un programa será el nuevo paradigma de la

empresa de software. El que éste aún no se haya desarrollado se debe a que, para lograr códigos convencionales, se necesita el triple de capital, la orientación de los técnicos en esta dirección y una infraestructura técnica para almacenarlos. Muchas empresas están ya empeñadas en premiar la reutilización de las partes (*Idem*, 2000).

Producir nuevos productos y nuevas aplicaciones, así como adquirir empresas con nuevas ideas son las formas más utilizadas por las empresas de punta para permanecer en el mercado. No obstante, las firmas más exitosas son las que poseen un mejor manejo de la mercadotecnia y no necesariamente las mejores ideas.

Gran cantidad de empresas importantes, tales como la Sap o la Oracle, dan mucha importancia a sus socios (*partners*) como una de las principales formas para comercializar el producto. Desde ese punto de vista, los socios pueden considerarse, junto con el cliente, los agentes de venta y los trabajadores del conocimiento, los componentes más importantes de la empresa red de software. Hay que agregar que muchas empresas pequeñas mantienen relación directa con sus clientes, como una forma para comercializar sus productos.

#### **4.3 Los modelos de proceso de calidad en las empresas de software**

En este apartado se aborda el concepto de "proceso de software" y los principios que lo conforman, luego se describen los principales modelos de proceso de software que han sido propuestos por diversos organismos internacionales; más adelante, así como los principales modelos de éste que se utilizan para el desarrollo de software.

Por proceso de software se entiende la secuencia de pasos y las tareas que se realizan con un propósito establecido. De manera específica, el proceso de software establece el marco de trabajo tanto técnico como de gestión, para poder

aplicar los métodos, herramientas y personas a la tarea del desarrollo de software. La definición del proceso identifica los papeles y las tareas específicas, a la vez que guía a los ingenieros sobre la manera de trabajar. Además, fija medidas y proporciona unos criterios de entrada y salida para cada paso. El proceso de software se define de la misma manera que se desarrolla un producto de software. Se comienza con las necesidades de los usuarios y se termina con la integración y las pruebas.

Según Bitzer, (1997) se distinguen dos etapas básicas en el proceso de producción de software:

- i) **Desarrollo:** Etapa realmente "creativa" del proceso productivo. Incluye actividades como la conceptualización, el análisis de requerimientos, diseño de alto nivel (en estas tres se concentra la generación de las rentas innovadoras del sector), diseño de bajo nivel, codificación, **testeo** y soporte técnico (estas últimas son, en ocasiones, terciarizadas, tanto por razones de costos como de flexibilidad). Se trata de una actividad intensiva en trabajo calificado y con requerimientos relativamente bajos en términos de capital físico (aunque también hay que considerar que, para superar un determinado umbral de tamaño, en cierto momento de su evolución las firmas necesitan abundante financiamiento para conseguir una efectiva expansión de sus mercados).
- ii) **Producción:** Consiste en reproducir los programas desarrollados en la fase previa en forma de soportes materiales (disquetes, CD, etc.). Con la difusión de Internet, esta etapa se encuentra perdiendo importancia relativa, ya que la venta de software se hace crecientemente a través de medios electrónicos. Esta fase es similar a cualquier otro proceso de producción manufacturera y usualmente necesita de más capital y menos trabajo calificado e intensivo que la etapa de desarrollo. Por lo

general, cuando se analiza la industria de software, el interés se ha concentrado más en la primera fase (López, 2003).

#### **a) CMM (*Capability Maturity Model*)**

A partir de los años ochenta, las empresas desarrolladoras de software empezaron a ponerse como objetivo principal el mejoramiento continuo de los procesos de producción, tendencia general de muchos sectores industriales, con la finalidad de asegurarse cierta competitividad en el mercado. Esta actividad se denomina *Software Process Improvement* (SPI) y se puede definir como "la mejora continua e interactiva ya sea del proceso de desarrollo como del producto software logrado a través del uso de las experiencias del proyecto mismo" (Jeletic, Pajerski & Brown, 1996), o como el conjunto de "acciones emprendidas para modificar un proceso organizativo con la finalidad de satisfacer y alcanzar los objetivos de negocios de la empresa de manera eficaz" (ISO, 1995).

En el mundo del software muchas energías van orientadas para cuantificar el concepto de la calidad, entendida como sinónimo de confianza, eficacia, continuidad, tempestividad (...) el software, como producto abstracto, necesita de definiciones y medición para ser gestionado industrialmente (Natale, 1995, p.14).

Sin embargo, si bien ya es conocido y comúnmente aceptado que el nivel de calidad de los productos y de los servicios de una empresa influyen directamente en sus tasas de rendimiento, son todavía pocas las firmas que monitorean los costos y sus resultados económicos como logros de sus programas de calidad.

La Certificación no es considerada por las empresas como un paso para el mejoramiento de la eficiencia económica, sino más bien se considera todavía como un hecho en sí mismo, llevada a cabo por motivaciones no directamente económicas (Rossignoli, 1997, p.10).

La adopción de un sistema de gestión de la calidad tiene que ser una decisión estratégica de la empresa. El diseño y la implementación de estos procesos están influidos por diferentes necesidades, objetivos particulares, productos suministrados, procesos empleados, tamaño y estructura de la empresa. Será casi imposible conseguir que un determinado producto tenga una alta calidad cuando la empresa que lo desarrolló no tiene como objetivo estratégico mejorar su calidad.

Los modelos de proceso para medir la calidad del software que predominan son: ISO 9001 e ISO 9000-3, ISO SPICE, ISO Tick-IT, Norma ISO 12207-1; ISO 15504-2 (de la International Standards Organization) y el Capability Maturity Model (CMM). Se han tomado en cuenta ambos para la presente investigación, pues son los que más usan las empresas como referencia para evaluarse en el plano internacional. No obstante, es necesario considerar la posibilidad de que algunas no apliquen ninguno de estos modelos.

El modelo CMM es el más conocido, de mayor envergadura y reconocimiento internacional. Se trata de un marco de trabajo que permite establecer, mejorar y medir la madurez del proceso (Zubrow; Hayes; Siegel & Goldenson, 1994). Sirve como referencia para definir los procesos que se necesitan y cómo se pueden implementar en las organizaciones que desarrollan software. Permite determinar la capacidad de los procesos que están utilizando las organizaciones y los aspectos que deben mejorar. A partir de esta evaluación de las capacidades se establecen prioridades para mejorar los procesos. Fue desarrollado en el Software Engineering Institute (SEI). En los primeros años de la década de los ochenta, Watts Humphrey, primer director del Software Process Program, inició los estudios y trabajos sobre el CMM. Una vez concluido, se transformó en un parámetro internacional de evaluación de calidad de los productos.

- El modelo tiene establecidos y definidos cinco niveles de capacidad, de menor a mayor madurez, derivados de los estudios de Crosby y de los

principios derivados de los estudios de Deming, Juran y Crosby, adaptados al mundo del software por un grupo de investigadores de la IBM, entre quienes figuraba Ron Radice, bajo la dirección del mismo Humphrey (Radice, Harding, Muñiz y Phillips, 1995). El Software Process Maturity Model de Humphrey (1987, 1988, 1990, 1993) maduró después de cuatro años de experiencias y estudios sobre el CMM, formalizando los conceptos y etiquetando las prácticas que se debían adoptar para cada nivel en el Key Process Area,<sup>6</sup> y ulteriormente mejorado bajo la dirección de Mark Paulk (1993, 1993b, 1993c). Paulk define al CMM como un modelo descriptivo y no prescriptivo, pues indica cuáles atributos podrían caracterizar una organización y en especial su nivel de madurez, sugiriendo y no imponiendo los medios para la mejora de los procesos, estrechamente vinculada con la naturaleza y particularidades de la organización en examen.

Los cinco niveles de madurez que establece el CMM son:

1. Inicial.<sup>7</sup> El proceso de software está ubicado en un estado organizativo inicial, muy a menudo caótico, con pocos procesos bien definidos y el éxito de los proyectos se basa en el esfuerzo individual.
2. Repetible. Se encuentran establecidos los procesos básicos de gestión de proyectos que permiten realizar el seguimiento de costos, tiempo y funcionalidad alcanzada en la mayoría de los proyectos de la organización. Se sientan las bases para obtener procesos consistentes y robustos.
3. Definido. El proceso de software tanto para las actividades de gestión como de ingeniería está documentado, estandarizado e integrado en el denominado proceso de software estándar para la organización.

---

<sup>6</sup> Las áreas clave del proceso (*Key Process Area*) representan un grupo de actividades relacionadas que, al realizarse de modo conjunto, alcanzan una serie de objetivos considerados importantes para mejorar la capacidad del proceso.

<sup>7</sup> En realidad, el nivel 1, llamado inicial, corresponde a una organización en que los procesos son *ad hoc*, existen pocas o ninguna rutina definidas y el éxito depende del esfuerzo individual de cada miembro de la empresa.

4. Gestionado. Se recogen medidas detalladas que informan de la capacidad del proceso de software y de la calidad del producto. Procesos y productos son, por tanto, controlados y gestionados por medio del uso de técnicas cuantitativas.

5. Optimizado. La mejora continua del proceso se posibilita por la realimentación cuantitativa que se dispone a cada paso del proceso y que permite valorar el impacto de la introducción de ideas innovadoras y nuevas tecnologías.

Especialistas de todo el mundo revisan y actualizan continuamente el CMM. En cada nivel de madurez se recogen las prácticas que se han demostrado más efectivas. El tiempo medio estimado para el pasaje de un nivel al sucesivo está comprendido entre 18 y 30 meses (Hayes & Zubrow, 1995).

Son muchas las empresas que toman como referencia al CMM, sin embargo, hay pocas en el plano internacional certificadas con el nivel 5, muchas se encuentran en el nivel 1 y muchos casos en el nivel 3. Como se observa en el cuadro 55, hasta septiembre de 2002, había conseguido la certificación del CMM nivel 3 un total de 122 empresas, 85 de las cuales eran de los Estados Unidos; en cambio, sólo 82 tenían el nivel 5, de las cuales 30 pertenecían a los Estados Unidos y 62 a India. México aparece en esta lista con cuatro empresas en el nivel 3.

Sobresale la gran cantidad de empresas indias que han calificado con el modelo CMM en los niveles 4 y 5. Irlanda, en cambio, cuenta con una sola empresa con calificación CMM, lo cual indica que este país relativiza la importancia de tales certificaciones. Sin embargo, hay tendencias de estos procesos a convertirse en importantes factores para competir, funcionando como "señales" o "prerrequisitos" para participar en determinados negocios, al estilo de lo que ocurrió con las normas ISO (López, 2003).

En cuanto al escenario futuro que se delinea para los próximos años, el nivel de automatización tendrá que ser suficiente para capturar los datos, analizarlos en cantidad y calidad, de tal manera que se puedan efectuar análisis sobre todo el proceso de los proyectos, y finalmente consolidarlos en lo organizativo, haciendo cada vez más visibles las oportunidades para la mejora de los procesos de producción de software. El número de evaluaciones y niveles de maduración reportados por cada país, como se observa en el cuadro 56 es muy bajo.

Cuadro 55

NÚMERO DE EMPRESAS CALIFICADAS EN BASE AL MODELO CIMM HASTA SEPTIEMBRE DEL 2002																
Nivel	Número de empresas	Número de Certificaciones	Países													
			EE.UU.	India	Japón	Canadá	Brasil	China	México	Singapur	Rusia	Australia	Francia	Alemania	Corea	
2	56	58	38	0	8	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0
3	122	126	85	12	5	2	3	0	4	1	12	0	0	1	2	2
4	71	80	29	41	1	1	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0
5	82	100	30	62	1	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0	0
Total	331	364	182	115	15	6	5	4	4	3	2	2	2	2	2	2

Nivel	Países													
	Malasia	Polonia	Israel	Irlanda	Vietnam	Austria	Barbados	Filipinas	Inglaterra	Países Bajos	Puerto Rico	Sudáfrica	Thailandia	Taiwán
2	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
3	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
4	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia en base a información del Software Engineering Institute (SEI)

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Cuadro 56

NÚMERO DE EVALUACIONES Y NIVELES DE MADURACIÓN REPORTADOS AL SEI POR PAÍS						
País	Nº de evaluaciones reportadas	Nivel 1 de maduración reportado	Nivel 2 de maduración reportado	Nivel 3 de maduración reportado	Nivel 4 de maduración reportado	Nivel 5 de maduración reportado
Argentina	Menos de 10					
Australia	27	si	si	no	no	no
Austria	Menos de 10					
Barbados	Menos de 10					
Bélgica	Menos de 10					
Brasil	15	si	si	si	no	no
Canadá	47	si	si	si	no	no
Chile	Menos de 10					
China	18	no	si	si	no	si
Colombia	Menos de 10					
Dinamarca	Menos de 10					
Egipto	Menos de 10					
Finlandia	Menos de 10					
Francia	103	si	si	si	si	no
Alemania	21	si	si	si	no	no
Grecia	Menos de 10					
Hong Kong	Menos de 10					
Hungría	Menos de 10					
India	153	si	si	si	si	si
Irlanda	Menos de 10					
Israel	27	si	si	si	no	no
Italia	21	si	si	si	no	no
Japón	46	si	si	si	no	si
Corea, Rep. De	Menos de 10					
Malasia	Menos de 10					
México	Menos de 10					
Países Bajos	12	si	si	si	no	no
Nueva Zelanda	Menos de 10					
Filipinas	Menos de 10					
Polonia	Menos de 10					
Portugal	Menos de 10					
Puerto Rico	Menos de 10					
Rusia	Menos de 10					
Arabia Saudita	Menos de 10					
Singapur	15	si	si	si	no	si
Sudáfrica	Menos de 10					
España	Menos de 10					
Suecia	Menos de 10					
Suiza	Menos de 10					
Taiwán	Menos de 10					
Tailandia	Menos de 10					
Turquía	Menos de 10					
Reino Unido	103	si	si	si	no	no
EE. UU.	1,498	si	si	si	si	si
Venezuela	Menos de 10					

Fuente: Software Engineering Institute (SEI)

Por tanto, será siempre la variable organizativa la que determina el cambio y la innovación, antes que las metodologías y las tecnologías, como señalaron Jeffery (1997) y Schiemann & Lingle (1998), en el ámbito en el cual asumen gran importancia dos aspectos centrales: el *continuous training* en todos los niveles y la *multidisciplinarietà* (Kuntzmann-Combelles, 1997; Jackson, 1998).

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Particularmente la última se está volviendo una exigencia cada vez más presente, lo cual concita a dar el salto necesario en el proceso de producción, desde el estrecho cuerpo de conocimiento técnico hasta la incorporación de competencias organizativas, técnicas jurídicas, contables, sociológicas, etnológicas, etcétera.

## **b) Normas ISO**

La Norma ISO especifica los requisitos de un sistema de gestión de calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna en las empresas, o para la certificación, o con fines contractuales. Se centra en la eficacia del sistema de gestión de la calidad para asegurar la satisfacción del cliente, entendiendo que ésta se conseguirá cuando el producto cumpla con las necesidades especificadas por el usuario.

El proceso de producción de software se distingue netamente de otros productos industriales por su rápida evolución tecnológica, lo cual hace necesario proveer continuamente guías actualizadas para la realización de sistemas de calidad.

La Serie 9000 de la ISI (*Quality Management and Quality Assurance*) está compuesta por dos tipos de normas:

- Standard, consideradas auditables, comprenden las 9001-9002 y 9003, y
- Guidelines, consideradas no auditables.

A continuación se muestra una lista de los posibles procesos de software a que daría lugar la implementación de la norma ISO 9001:2000:

**Cuadro 57****Procesos software y requisitos de ISO 9001:2000**

Nº	Nombre del Requisito	Proceso de Software
4.2	Requisitos de la documentación	Gestión de Configuración de Software
6.2	Recursos humanos	Competencia y Formación del Personal
7.1	Planificación de la realización del producto	Modelos de Ciclo de Vida
7.2.1	Determinación de los requisitos relacionados con el producto	Definición de Requisitos (Adquisición)
7.2.2	Revisión de los requisitos relacionados con el producto	Gestión de Requisitos
7.2.3	Comunicación con el cliente	Gestión de Reclamaciones
7.3.1	Planificación del diseño y desarrollo	Gestión de Proyectos (Estimación, Planificación, Seguimiento y Control) Gestión de Configuración de Software
7.3.2	Elementos de entrada para el diseño y desarrollo	Análisis. Diseño. Revisiones, V y V e Inspecciones. Gestión de Configuración Software
7.3.3	Resultados del diseño y desarrollo	Codificación. Pruebas. Gestión de Configuración de Software
7.3.4	Revisión del diseño y desarrollo	Revisiones, V & V e Inspecciones. Gestión de Configuración de Software
7.3.5	Verificación del diseño y desarrollo	Revisiones V & V e Inspecciones. Pruebas. Gestión de Configuración de Software
7.3.6	Validación del diseño y desarrollo	Revisiones V & V e Inspecciones. Gestión de Configuración de Software
7.3.7	Control de los cambios del diseño y desarrollo	Gestión de Configuración de Software
7.4	Compras	Subcontratación (Evaluación de Proveedores, Pedidos de Compra y Control de los Productos Comprados)
7.5	Producción y prestación del servicio	Gestión de Configuración de Software. Suministro (Bienes del Cliente). Distribución (Conservación del Producto hasta la Entrega)
8.2.2	Auditoría interna	Auditoría
8.3	Control de l producto no conforme	Control del Producto No Conforme
8.5.2	Acción correctiva y Acción preventiva	Acciones Coreclvas y Acciones Preventivas
8.5.3		

Fuente: Cuevas Agustín, Gonzalo Coord.,(2002). *Gestión del Proceso Software. Tabla 8.1.* Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. Madrid. p.101

De particular relevancia es la ISO 9000-3,<sup>8</sup> que repropones los principios de la ISO 9001 adaptándola específicamente al mundo del software (UNI en ISO 9001,

<sup>8</sup> La ISO 9003-3 se divide en tres partes principales:

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1994). La ISO 9001 es la norma omnicomprehensiva, que encierra el contenido de las otras dos, e incluye los requisitos señalados anteriormente.

Otro importante estándar fue promulgado en agosto de 1995: el ISO 12207. Contiene principios para la adquisición, desarrollo, proveeduría y manutención del software. A su vez, la directiva 15504, conocida con el acrónimo Spice (*Software Process Improvement and Capability Determination*), es otro de los estándares que se ocupa de la evaluación de proyectos.

Sobre la utilidad producida por la certificación ISO existe un largo debate que enfrenta a los que, por una parte, no reconocen las ventajas reales de la aplicación de la norma, sino que sólo remarcan el trabajo de producir una elevada y costosa cantidad de documentación, sin crear los presupuestos y los soportes para el mejoramiento continuo, subrayando el aspecto *estático* del proceso (Coallier, 1994, pp. 98-100; Seddon, 1998, pp. 1-2) y, por otra, los que consideran que sólo por medio de la disciplina y el rigor predicados por la norma se alcanzan los principios requeridos, evidenciando, por tanto, el aspecto *dinámico* del proceso (Dawood 1994, pp. 110-111; Coster, 1998, p. 2).

Una investigación realizada en 1992 (Bazzana, Brigliadori, Andersen & Jokela, 1993; Bazzana, Giunchi, Rumi & Scotto, 1995) mostró, según la percepción de los entrevistados, que:

- La certificación ISO 9001 no es suficiente para garantizar la calidad de un producto de software;

- 
- Estructura: Describe los aspectos organizativos relevantes de un sistema de calidad para la producción de software.
  - Actividad del ciclo de vida: Define la lista de las acciones que se deben desarrollar durante cada fase.
  - Actividad de soporte: Describe los requisitos mínimos para las actividades de soporte a la producción, proveeduría y manutención del software.

- La evaluación de un producto de software es mejor cuando va acompañada de una evaluación del proceso de desarrollo, puesto que la primera sola no logra capturar el nivel de madurez del ambiente de desarrollo.

### **c) Norma Mexicana (MOPRIS)**

Dentro del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PDIS-Prosoft) descrito en el capítulo III y cuyo objetivo es fortalecer la industria de software en México, en la estrategia número seis se señala como objetivo alcanzar niveles internacionales en capacidad de procesos. Para lograrlo, los esfuerzos están puestos en: a) definir un modelo de procesos y de evaluación apropiado para la industria de software mexicana; b) fortalecer la formación de instituciones de capacitación y asesoría en mejora de procesos, y c) canalizar apoyo financiero para la capacitación y la evaluación de capacidad de procesos.

Con los antecedentes del CMM internacional y los aportes de la propuesta anterior de AMCIS,<sup>9</sup> se desea crear en México un modelo nacional, llamado Modelo de Procesos para la Industria de software (MOPRIS) que tenga que ver con las características específicas del desarrollo y mantenimiento de software nacional, más vinculado a la micro y pequeña empresa, que sea fácil de entender y comprensible, que se defina como un conjunto de procesos, práctico y fácil de aplicar, sobre todo en organizaciones pequeñas, que esté orientado a mejorar los procesos para contribuir a los objetivos del negocio y que no simplemente sea un marco de referencia de calificación. El mismo presupone tener un mecanismo de evaluación o certificación, que indique el estado real de una organización durante un periodo de vigencia específico, aplicable como norma mexicana (Hanna Oktaba y otros, 2002). La diferencia con el CMM internacional y la necesidad de crear una

---

<sup>9</sup> Esta propuesta surgió del trabajo de Hanna Oktaba, quien, con sus alumnos de maestría y un grupo de investigadores, elaboró y presentó dicho modelo, adoptado como la propuesta oficial de la AMCIS.

norma mexicana responde a las características de las empresas en México que son en su mayoría pequeñas.

Al revisar el documento original propuesto por la Secretaría de Economía, se observa que en el punto 6.3 se reconoce que este proceso de adopción de modelos y/o estándares es costoso, "ya que requiere cubrir distintos elementos: capacitación, consultoría de expertos en el área, tiempo y esfuerzo para la definición e implementación del programa de mejora y evaluación para determinar la capacidad del proceso y/o el nivel de madurez de la organización para desarrollar software (Documento dactilografiado del Programa para el Desarrollo de la Industria de Software, mayo de 2002).

Asimismo, el documento destaca que los modelos y/o estándares que se adopten para cumplir con lo que establece el Reglamento de la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público deben ser lo suficientemente accesibles en términos de costo, a fin de que no sean una barrera de entrada para las empresas pequeñas y medianas (*Idem*, 2003).

En el inciso mencionado se señala que el apoyo financiero para que las empresas de software, en especial las medianas y pequeñas, puedan adoptar los modelos y/o estándares de capacidad de procesos será distribuido por la Secretaría de Economía, el Conacyt y las empresas, instituciones que identificarán los mecanismos de financiamiento para la capacitación, asesoría y evaluación de las empresas, así como para la creación y operación de organismos de evaluación y certificación.

Ahora bien, para los desarrolladores y empresarios mexicanos la situación no es fácil y se complica en algunos aspectos: el CMM es una evaluación de un estado de madurez en un momento determinado, "una fotografía" y no una certificación que garantice la calidad de los procesos y productos en un *continuum* de tiempo (Márquez, manuscrito). Por tanto, quedan dudas sobre si la norma MOPRIS con

características mexicanas (modelo considerado híbrido) que se pretende elaborar servirá para competir en los mercados internacionales. También es difícil saber cuántas compañías tienen clientes que exigen certificaciones ISO, y otros modelos de evaluación CMM, sin que las empresas mexicanas posean los recursos ni las condiciones para adoptar uno u otro sistema de calidad. De todas maneras, se espera que el aporte brindado por el Prosoft y los esfuerzos de las firmas de la industria del software ayuden a clarificar estos inconvenientes y que finalmente las empresas mexicanas cuenten con su propio modelo de evaluación.

#### **4.4 Los trabajadores del conocimiento**

La empresa de software no depende de recursos naturales, su principal ventaja competitiva reside en la creación y adaptación de conocimiento. Este conocimiento es entendido como una combinación fluida de experiencias, valores, informaciones contextuales y competencias especializadas que dan un cuadro de referencia para la evaluación y asimilación de nuevas experiencias y nuevas informaciones.

El modelo organizativo de la empresa de software, descrito en párrafos anteriores, es uno de los más aptos para permitir una gestión adecuada del conocimiento. Este conocimiento en las organizaciones está no solo vinculado con los documentos sino con procedimientos, procesos organizativos, prácticas, normas, etc. Para proyectar y realizar soluciones resulta indispensable un proceso integral de cooperación y coordinación de competencias. Michael Cusumano (1996), refiriéndose a la empresa Microsoft, pone en evidencia cómo las inversiones en conocimiento han generado tasas de rendimiento dobles respecto de las inversiones en instalaciones y equipos: el suceso de la Microsoft se debió principalmente a la capacidad de sincronizar y gobernar los diversos conocimientos que se emplean y crean para el desarrollo de software.

La economía del conocimiento surge cuando un conjunto de personas co-producen (es decir, producen e intercambian) intensamente conocimientos nuevos con la ayuda de tecnologías de la información y de la comunicación.

Los procesos de calidad de una empresa de software, también descritos en párrafos anteriores, dependen cada vez más de la capacidad de generar y aplicar el conocimiento a los procesos productivos. Este *know-how* es un componente fundamental de las organizaciones y de las personas que trabajan en ella. Una función predominante la cumplen los trabajadores con competencias flexibles, orientados a los resultados, con una visión amplia de toda la organización. En este sentido, se afirman cada vez más nuevas estrategias competitivas en estas organizaciones, centradas en la innovación y en el desarrollo de software, un producto con alto valor agregado y basado en un alto contenido de conocimiento (*knowledge intensive*).

Peter Drucker fue uno de los pioneros en señalar, la emergencia de una nueva forma de trabajo relacionada con el manejo del conocimiento. Propuso un cambio de paradigma, de una "sociedad industrial" a una "sociedad del conocimiento", término que ha servido como punto de referencia hasta nuestros días. En esta sociedad, la adquisición de calificaciones y conocimiento brinda mayor poder a la persona que su situación jerárquica. En un trabajo reciente, este autor identifica el papel central que desempeñan los trabajadores capaces de transformar en medios comunicacionales digitales el conocimiento acumulado.

Lo que llamamos la revolución de la información es de hecho una revolución del conocimiento, y lo que la ha hecho posible es "rutinizar" procesos, no a través de la computadora, sino del software. El software es la reorganización del trabajo tradicional basado en siglos de experiencia, mediante la aplicación del conocimiento y especialmente del análisis sistemático y lógico. La clave no es la electrónica, sino la ciencia cognitiva. Eso significa que la clave para mantener el liderazgo en la economía y la tecnología que van a emerger, estará en la posición social que tengan los

profesionales del conocimiento y la aceptación social de sus valores (Drucker, 2001).

Se trata de cualidades intangibles: pensamiento sistémico, integridad, innovación, colaboración, búsqueda de calidad, flexibilidad, comunicación efectiva, planeamiento y organización. Y de valores: movilizar conocimientos; tener destreza, experiencia; saber comunicar, seleccionar, compartir información; poder tomar iniciativas, decidir, anticipar, proceder a arbitrajes entre criterios múltiples; ser capaces de enfrentarse a situaciones caracterizadas por la complejidad y la inestabilidad; saber mantener abiertas las posibilidades existentes, generar nuevas y lograr aquellos compromisos que permitan aprovecharlas, etcétera.

Desde la perspectiva laboral, la industria del software es una actividad intelectual innovadora por excelencia, e intensiva en el uso de mano de obra calificada en matemática, ingeniería y sistemas informáticos. Las empresas asumen y buscan los mejores talentos disponibles en el mercado. En 1996, sólo en Estados Unidos trabajaban más de dos millones de programadores, y en los años recientes se crearon más de 95 000 nuevos lugares de trabajo cada año. Entre 1987 y 1994, el índice de ocupación en informática aumentó 9.6% respecto del resto de los sectores de Estados Unidos (1.6%) ([www.bsa.org/statistics/index](http://www.bsa.org/statistics/index)). En 1998, el Instituto Estadounidense de Estadística del trabajo calculaba que hasta el 2006 las profesiones con más rápido crecimiento serían las de investigadores informáticos, ingenieros electrónicos y analistas de sistemas ([www.stats.bls.gov/oco/ocoso24.htm](http://www.stats.bls.gov/oco/ocoso24.htm)). En cuanto a la demanda de recursos humanos en los países desarrollados, se ha incrementado significativamente en años recientes. Se estima que la demanda de profesionales era de 37 000 en 1992 y de 900 000 en 1997. Actualmente, la cifra mundial asciende a los 3 000 000 de personas (AMITI, 2001).

#### **4.5 La formación de los trabajadores del conocimiento en México**

En la muestra de las 30 empresas desarrolladoras de software a la medida, en México, se pudo evidenciar los perfiles que demanda esta industria, los cuales a grandes rasgos pueden definirse en: líder de proyectos; consultor; programador analista, administrador de bases de datos; administrador de redes y soporte técnico. De acuerdo con las actividades y las áreas donde se desempeñan se obtuvo la siguiente clasificación: identificación de requerimientos; diseño de software; código y pruebas de unidades; pruebas de integración; aseguramiento de la calidad; administración de la configuración y mejora de los procesos.

La formación de los trabajadores del conocimiento constituye una de las áreas más críticas para muchas de las empresas estudiadas en la presente investigación. Se evidenció, a través de varias entrevistas la carencia de una buena formación de la mano de obra existente en el país. Encuentran en el mercado mucha oferta de licenciados en computación y sistemas pero poquísimos personal con niveles de maestría y doctorados. A su vez directores del sector nos han señalado que se invierte mucho al interior de sus propias empresas en la formación de recursos humanos. Uno de ellos ha expresado con mucha claridad el sentir del sector: "necesitamos seis meses para que desaprendan lo que traen y seis meses más para enseñarles las nuevas herramientas".

Sin embargo el crecimiento de egresados en México en la profesiones de informática y computación ha sido constante desde 1971 cuando se contaba con sólo 6 graduados, en 1985 con 1 245 graduados, en 1995 con 10 444 graduados y en 2001 con 18 040 siendo 10 292 hombres y 7 748 mujeres. Es decir para el año 2001 se han logrado acumular 144 212 egresados (ver cuadro 58), según cifras brindadas por ANUIES, en el año 2002. Si comparamos cifras de Estados Unidos, obtenidas de sus estadísticas, México tiene un profesionista en informática y computación por cinco de los Estados Unidos. La relación es más favorable si se considera que esta nación cuenta con 240 millones de habitantes, mientras que nuestro país tiene cien millones ( Ellerbracke Román, y Elba Lomelí Mijes, 2002).

Es decir México tiene un profesionista en informática o computación por cada 670 habitantes, relación que en los Estados Unidos es de uno por cada 370 habitantes. Respecto a los posgrados, Estados Unidos tiene más profesionistas con Maestrías que México con licenciatura. Con 212 584 maestros en *Computer Sciences* cuenta con un maestro por cada 1 100 habitantes. Respecto a los doctores, casi no tiene caso hacer divisiones. En Estados Unidos han egresado en 2001 15 141 doctores, en México 61. Cristina Loyo (2002) en una investigación reciente explica que en México hay 136 doctores que realizan investigación en tecnologías de información, 12 centros de excelencia reconocidos por el CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología). La diferencia de doctores seguramente proviene de los egresados de posgrado en el extranjero. Comparando con otros países de América Latina Brasil, en la encuesta reciente, citada en este trabajo, daba un promedio de tres posgraduados por firma en el sector de software y servicios informáticos, el doble de Argentina que cuenta con el 2% del empleo total con posgrados en informática y con posgrados en general representan el 4% del empleo total.

Cabe señalar analizando estos datos que México tiene una buena proporción de egresados en licenciaturas, pero como hemos observado, por lo declarado en las entrevistas, para los empresarios del sector su formación no es buena. Esto podría obedecer al confuso número de carreras existentes en el país en el área de informática. Se han abierto 77 programas en el país y ya se cerraron 21, muchos han cambiado de nombre a ingeniería y sistemas computacionales. De los cuales se abrieron ya 213 programas y se cerraron nueve. En el 2001 se abrieron 92 nuevos programas y de los cuales 40 corresponden a ingeniería y sistemas computacionales. Esto seguramente atenta contra la calidad promedio en dichas carreras, ya que difícilmente pueda pensarse en currículas atinentes con las necesidades del sector. La mayor parte de las carreras están orientadas a cumplimentar los requerimientos de formación profesional masiva y básica. No existen carreras doctorales que tengan una trayectoria prolongada. Algunos empresarios señalaron además que faltaba práctica y que existía una orientación

demasiado académica entre los graduados, lo cual llevaba a la necesidad de establecer cursos internos de capacitación para los profesionales jóvenes. A la vez, más de la mitad de las empresas encuestadas, reportaron haber tenido problemas con el acceso a personal capacitado – y algo más de un cuarto señalaron que era un problema muy serio. Estos problemas se acentúan aún más en empresas pequeñas, y se agudiza con firmas que requieren profesionales con conocimientos de lenguajes y herramientas de Internet de última generación. Si se quiere dar un salto de calidad será necesario hacer inversiones específicas en materia de formación de recursos humanos de modo de enfrentar la nueva demanda de calificaciones que sobrevendría con el desarrollo de tecnología de punta.

En este nuevo escenario de la economía del conocimiento, como hemos visto la capacitación de los trabajadores ocupa un lugar preponderante. Para responder a esta necesidad, en años recientes, los países analizados por nuestra investigación, comenzaron a revisar las políticas educativas en su conjunto, debido a la importancia que tienen todas las instancias, sean éstas de formación básica o superior. Las instituciones de educación enfrentan el reto de reafirmarse como un espacio privilegiado para la formación, empezando por la escuela primaria, desde la cual es posible aportar el dominio de los códigos básicos, para después establecer un proceso de enseñanza-aprendizaje que se mantenga a lo largo de toda vida. Cada día se vuelve más imprescindible articular y distribuir responsabilidades entre la educación básica, la formación profesional y la educación superior. Pensar en los trabajadores del conocimiento es pensar en dinámicas en que se combinen equilibradamente estrategias de formación inicial y masiva, y, al mismo tiempo, aptitudes sociales, saberes fundamentales y dominio de las más innovadoras tecnologías.

Cuadro 58

PRIMER INGRESO, ESTUDIANTES, EGRESADOS Y TITULADOS DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA Y COMPUTACIÓN EN MÉXICO Y EGRESADOS DE COMPUTER SCIENCE EN ESTADOS UNIDOS, POR AÑO Y GÉNERO, 1969-2001

AÑO	MÉXICO												EU			
	Nuevo Ingreso			Estudiantes			Egresados			Titulados			Egreso			
	H	M	TOTAL	H	M	TOTAL	H	M	TOTAL	H	M	TOTAL	H	M	TOTAL	
1966													76	13	89	
1967													198	24	222	
1968													494	55	456	
1969													812	121	933	
1970													1 345	199	1 544	
1971				118									2 064	324	2 388	
1972				239									2 841	461	3 402	
1973				318									3 665	640	4 305	
1974				372									3 977	780	4 757	
1975				874									4 083	866	5 039	
1976				807									4 540	1 124	5 664	
1977				1 067	1 021	2 088	2 444						4 887	1 539	6 426	
1978				1 261	2 615	3 876	3 727						5 360	1 884	7 244	
1979				1 240	3 178	4 418	4 062						6 300	2 483	8 789	
1980				1 773	4 429	6 202	5 790						7 814	3 369	11 213	
1981				2 133	5 761	7 894	7 656						10 280	4 953	15 233	
1982				2 724	7 050	9 774	9 756						13 316	7 115	20 431	
1983				3 552	8 718	12 270	12 391						15 650	8 992	24 682	
1984				4 465	11 357	15 822	17 169						20 369	12 066	32 435	
1985				5 351	13 531	18 882	21 408						24 690	14 431	39 121	
1986				7 783	19 413	27 196	23 732						27 069	15 126	42 195	
1987				10 161	27 523	37 684	36 100						26 038	13 889	39 927	
1988				10 493	26 347	36 840	42 430						23 543	11 353	34 896	
1989				13 421	31 622	45 043	52 336						21 418	9 545	30 963	
1990				15 231	38 923	54 154	64 991						19 321	8 374	27 695	
1991				16 381	41 745	58 126	69 915						18 838	11 866	30 704	
1992				17 044	45 174	62 218	77 499						2 392	17 748	20 140	
1993				19 843	49 614	69 457	82 159						3 063	17 029	20 092	
1994				21 697	53 011	74 708	90 827						4 220	17 533	21 753	
1995				24 285	58 011	82 296	99 146						10 444	17 706	28 150	
1996	15 691	10 580	26 271	64 223	44 088	108 311	6 710	5 189	11 699	2 895	2 835	5 530	17 773	6 772	24 545	
1997	19 576	12 627	32 203	72 896	48 047	120 943	7 269	5 579	12 848	3 524	2 962	6 486	18 490	6 903	25 393	
1998	23 344	14 273	37 617	82 152	52 294	134 446	7 777	6 084	13 861	3 497	2 782	6 289	20 235	7 439	27 674	
1999	26 028	15 873	41 901	92 541	59 095	151 636	8 041	5 787	13 928	3 835	3 061	6 896	23 574	8 956	32 530	
2000	28 894	16 637	45 441	101 142	62 479	163 621	9 129	6 863	15 992	4 402	3 754	8 156	26 914	10 474	37 388	
2001	31 514	18 560	50 174	112 051	69 491	181 542	10 292	7 748	18 040	5 189	4 449	9 638				
Suma	145 357	88 550	416 492					49 218	37 050	144 212	23 342	19 653	59 310	445 704	168 108	641 812

Fuente: Anuarios Estadísticos de Población de Licenciatura de ANUIES y INE C. I. (2002)

Nota: En 1999 el National Center for Education Statistics no liberó datos detallados, por lo que las cifras de Estados Unidos de ese año, son promedios de los años 1998 y 2000

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CONCLUSIONES**

Con nuestras conclusiones queremos resaltar los aspectos más significativos surgidos de nuestra investigación. En este trabajo abordamos un sector muy importante dentro del sector electrónico-informático (SE-I), la industria del software, que es una industria de gran dinamismo económico que produce un insumo clave (junto con la industria del semiprocador) para el conjunto del sector y de la actual economía informática. Se trata además de una industria que ha comenzado a expandirse en países en desarrollo, y que por lo tanto ofrece a México posibilidades de poner en marcha una industria local fuerte y con capacidad de inserción en el mercado internacional.

Dentro del SE-I, el software es el sector con más alto crecimiento. Si bien Estados Unidos, es el principal país productor y consumidor de software a nivel internacional, con la nueva división global del trabajo, la conformación del nuevo ciclo industrial dirigido por el SE-I, permitió la incorporación al comercio internacional de un conjunto de países de industrialización tardía presentando un panorama nuevo y diversificado dentro del mundo de las tecnologías de la información y la comunicación. Países tales como India, Irlanda e Israel, han alcanzado en este contexto, un importante crecimiento e inserción en los mercados internacionales.

Por tratarse de una actividad intensiva en conocimiento y mano de obra calificada, con poco uso de capital, su dinamismo también estuvo caracterizado por importantes procesos migratorios como producto de la escasez de mano de obra especializada en los países avanzados, expansión de subcontratación con empresas de países en vía de industrialización e incluso deslocalización de ciertas actividades.

## **El desarrollo histórico de la industria**

Hemos considerado importante un recorrido por la historia de la industria del software, la cual se desarrolló siguiendo las hormas de la evolución de la computadora, para ubicar los principales cambios respecto a su desarrollo. Dependió históricamente de la evolución y de los grandes saltos que fueron definiendo desde inicios de los años cincuenta las máquinas que debían albergarlo en su seno. Para su mejor comprensión la dividimos en cuatro grandes períodos históricos. Es una historia sin embargo, que a un cierto momento, aunque siempre dependiendo de su albergue sentará sus bases para su independencia, al menos, por la posibilidad, diversidad y protagonismo que adquiere con el surgimiento de las computadoras personales (PC). Es la llegada de la PC, el punto de arribo de los grandes saltos cualitativos que se habían logrado en el mundo de las computadoras.

La producción y distribución en masa de la computadora personal (PC) a inicios de los años ochenta, por parte de IBM, fue el hecho histórico que transformó el uso que hasta el momento tenían las computadoras, orientadas para las grandes empresas, abriendo un nuevo y masivo mercado, como fue y es el de "una computadora para cada hogar". Es además cuando las tecnologías se transformarán de genéricas a difusas y paulatinamente se convertirán en el eje del crecimiento de la economía mundial, como parte de las SE-I. Este evento tendrá consecuencias inmensas. Será el hecho que creará un mercado de consumo de muchos millones de dólares. Y junto a este suceso es cuando se abre una nueva área en la industria del software. Sin lugar a dudas la IBM es la empresa que acompañó desde el desarrollo de la computadora todo este proceso. Pero será la Microsoft la empresa la cual capitaliza estos saltos cualitativos y será quién le da la categoría de industria a una producción que hasta el momento del surgimiento de la PC, se había consolidado acompañando a las grandes computadoras como un componente más.

El aspecto más radical y significativo de la revolución en las computadoras fue el relativo al software, y la reafirmación indiscutible de la firma Microsoft como principal desarrolladora y comercializadora en el mercado. La franquicia recibida de la IBM le permitió definir los estándares en los sistemas operativos, asimismo le otorgó una relevante ventaja competitiva para desarrollar software que seguía un determinado sistema operativo: el software aplicativo, un producto nuevo, el cual, según palabras de Edward Steinmueller representaba "un nuevo y revolucionario principio organizativo, la producción en masa de software empaquetado" (p.31).

Hasta este momento el software había sido creado para las máquinas *mainframe*, computadoras de grandes dimensiones, que dejarán definitivamente el paso a la PC y al nuevo mercado de software, lo cual pone en evidencia como la PC cambió el rol en este sector, en donde tradicionalmente los sistemas operativos se producían por constructores de hardware.

Es necesario mencionar también en la historia de la producción de software un grupo de investigadores y jóvenes apasionados, que trabajaban contemporáneamente con otra visión, más cooperativa y social. Los integrantes de este movimiento, conocidos como del software libre, quienes consideraron desde los inicios que el software privatizado por Gates y la firma Microsoft era un bien público, de libre circulación, que debía circular por la red para ser usado y corregido por todos los usuarios. Su propuesta se basa fundamentalmente en la idea de compartir el código fuente del software y distribuirlo por Internet. No cesarán hasta nuestros días de impulsar proyectos cuyo objetivo es trabajar bajo esa modalidad. El uso de sistemas libres, el más conocido su versión Linux, y otros, es usado en distintos ambientes educativos, de investigación, comerciales y de gobierno. Muchas empresas ya consideran a este sistema como el complemento y la alternativa ideal en el ámbito de la computación. Grandes corporativos como IBM, Compaq, Oracle y Hewell-Packard están trabajando con proyectos que incorporarán a Linux.

El advenimiento y desarrollo de Internet volverá a revolucionar nuevamente esta industria permitiendo el desarrollo de un nuevo software básico de red, la WWW y el comercio electrónico. Estos nuevos procesos plantean la posibilidad del desarrollo de software de aplicación en Internet y oportunidades para los servicios. A su vez el comercio electrónico permite ganar un espacio inédito en el mercado a nuevas empresas.

El desarrollo de la industria del software en México se enmarca en el proceso de desarrollo que acompañó a la computadora ya que también la aparición y vertiginosa entrada en escena de la computadora personal (PC) permitirá el inicio del negocio de software en el país. Posteriormente se desarrollará el software a la medida con el cual empezaron a surgir las principales firmas nacionales y a establecerse empresas extranjeras. Aun así, no ha logrado difundirse el software comercial en el país, pues el sector público y la empresa privada han utilizado la estrategia de contratar como empleados a muchos programadores, desarrolladores de sistemas y analistas, quienes les han resuelto sus necesidades en este aspecto, pero no han permitido el más amplio desarrollo del sector.

### **La experiencia histórica de los países en desarrollo**

Para nuestra investigación han sido analizados los casos más exitosos citados tales como India, Irlanda e Israel, así como países de América Latina: Brasil, Argentina, Uruguay, Costa Rica y México. Podemos concluir, que los mismos han gestado modelos diferentes en cuanto a: i) el involucramiento del Estado en el proceso de desarrollo del sector (políticas públicas activas en el ámbito impositivo, normativo, de infraestructura, educativo, etc.); ii) en cuanto a la orientación de su producción y al tipo de actividades predominante; iii) la orientación de mercado elegida; iv) facturación, número de empresas y de empleados que lideran la expansión del sector.

India, Irlanda e Israel han tenido como detonante del crecimiento sus exportaciones. En América Latina, el cuadro se muestra más complejo, ya que tanto Brasil como Argentina, han centrado su desarrollo en el mercado interno, iniciando en forma parcial y reciente el proceso exportador. Uruguay y Costa Rica, sin embargo por las debilidades de su propio mercado interno la industria ha surgido más vinculada a las exportaciones.

En los primeros tres casos internacionales (India, Irlanda e Israel) han existido estrategias sustentadas por instituciones públicas, producto de la participación del gobierno en estos países con políticas industrial y educativa activas, ofreciendo infraestructura adapta (transporte y servicios en general, estímulo al asociacionismo empresarial, facilitación de tareas burocráticas) así como ventajas impositivas y aduaneras que permitieron desarrollar al sector, en particular sus exportaciones. India e Israel si bien ya contaban con recursos humanos calificados, el gobierno será quien incentivó la formación de personal de alto nivel de calificación en instituciones de excelencia. Este es uno de los factores de mayor peso en cuánto al éxito alcanzados por estos países en el ingreso a los mercados de exportación. Cabe destacar a su vez el dominio del idioma inglés. Contemporáneamente se ha estimulado la oferta de capital de trabajo y de riesgo a través de subsidios, préstamos preferenciales, exenciones entre otros estímulos. En Israel por ejemplo, tuvo un rol destacado el desarrollo de capital de riesgo. Asimismo estos tres países han invertido en I&D de manera importante, aunque no todos con los mismo resultados. Mientras que ha sido clave en países como Israel, los resultados en India han sido menos exitosos.

En América Latina, los esfuerzos por parte del gobierno han sido más débiles y dispersos. No existen grandes incentivos fiscales, falta coordinación interinstitucional, así como en la mayoría de los países de la región todavía no cuentan con un cuadro normativo adecuado sobre la materia ni con fuentes de capital de riesgo. Por lo general todos estos países cuentan con buena infraestructura en telecomunicaciones. Se destaca la calidad de los recursos

humanos si bien en todos estos países la disponibilidad de profesionales de máximo nivel para la industria es aún escaso. A diferencia de las otras experiencias exitosas no cuentan con recursos para el ámbito de la I&D.

En cuanto a estándares de calidad tipo CMM e ISO, sobresale la gran cantidad de empresas de la India, que han calificado con el modelo CMM en los niveles cuatro (41 empresas) y cinco (62 empresas). Irlanda, por su parte cuenta con una sola empresa con tal certificación (nivel cuatro), lo cual indica que este país no le da importancia a tales certificaciones. Israel tampoco sobresale por sus certificaciones ya que cuenta solamente con una empresa de nivel cuatro.

India entre los países de industrialización tardía se destaca por sus exportaciones. Más del 75% de los ingresos totales generados por el sector en el 2002, fueron por concepto de exportaciones, correspondiendo un ingreso de 7 800 millones de dólares. En cuanto la tipo de actividades predominante en el caso de India, muchas empresas se dedicaron a ofrecer sus servicios de desarrollo y mantenimiento, realizado por un grupo de programadores que se trasladaban a los lugares en donde se realizaban los trabajos, por lo tanto, la actividad de software orientado exclusivamente a la exportación se concentró en el rubro de "servicios profesionales". El destino fundamental de éstas es EEUU (58%), luego, sigue Europa (principalmente al Reino Unido) con un 21% y Japón y otros países del sudeste asiático con alrededor del 4%. En los últimos años el sector vinculado con las exportaciones se ha ido trasladando hacia actividades más complejas, y a experiencias offshore. En cuanto a Irlanda, exportó en el 2002, 8 500 millones de dólares y la composición se diferencia del modelo hindú por el predominio de software empaquetado en relación con los servicios. La Unión Europea y en particular el Reino Unido, reúne el 70% de las exportaciones irlandesas. Por otra parte Irlanda no parece haberse transformado en un centro importante de programación offshore como la India. La industria de software israelí, alcanzó en concepto de exportaciones en el 2001 un valor estimado en 3 000 millones de dólares y ha tenido un desempeño destacado en áreas de seguridad y tecnologías

antivirus. Muchas empresas se dedican a desarrollar software empaquetado con cierto nivel de sofisticación para mercados extranjeros. Israel tiene más diversificado que los otros países sus destinos ya que a Estados Unidos va un 38% y el 37% van dirigidas a Europa Occidental.

Los grandes países de América Latina, Brasil y Argentina, no alcanzaron todavía una inserción exitosa en el mercado mundial. El modelo que configuran es el de producción para el mercado interno. En Brasil, las exportaciones alcanzaron en 2001 cifras por 84,1 millones de dólares. Si bien Brasil, también abastece con su producción al mercado interno, las empresas enfocan más su producción en áreas de mercado que son competitivas mundialmente, tales como el segmento bancario, las telecomunicaciones e infraestructura energética. Otra característica importante de la producción en Brasil es el mercado de software a la medida y software embebido, habiendo alcanzado una importante madurez tecnológica ya sea para el mercado nacional como para abrirse a las exportaciones. A su vez es también importante el desarrollo de software en comercio electrónico y en prestación de servicios. Todas estas actividades ponen de manifiesto el esfuerzo que están realizando en Brasil las empresas por crear software competitivo y a la vez innovativo. En cambio Argentina en el año 2000 exportó 35 millones de dólares. En este país se observa que la mayor parte de las empresas se dedican a la prestación de servicios (absorben casi la mitad del empleo y facturación sectorial), seguido de un pequeño grupo de empresas cuya actividad principal es comercializar software producido en el extranjero. Por último se destacan las empresas desarrolladoras de software local orientado al mercado interno. Uruguay y Costa Rica, en cambio cuentan ya con importante potencial para la exportación. En Uruguay las exportaciones alcanzaron en el 2000 un ingreso de 79,4 millones de dólares y en Costa Rica el valor de las exportaciones se sitúa en alrededor 50 millones de dólares. Las empresas de software uruguayas se han especializado en ciertos nichos alcanzando la excelencia y exportando productos para pequeñas farmacias y casas de cambio. El principal destino de sus exportaciones es América del Sur que representa el 64,3%. En cambio en Costa Rica se ha

verificado un gran crecimiento en la producción y exportación de software, primero hacia economías vecinas y más recientemente a países como Europa, Asia e incluso África. Más del 70% de las empresas locales exportan a estos países software áreas como bancos, finanzas, recursos humanos, turismo, inteligencia artificial, entre otros.

En India los ingresos del sector de software y servicios informáticos alcanzaron en el 2002 los 10 200 millones de dólares. El número de empresas que conforman el sector es de 6000. La industria genera un total de 400 000 mil empleados. En Irlanda, datos recientes del 2002, indican que la industria alcanzó una facturación por 10 000 millones de dólares y está constituida por 900 firmas del sector de software y servicios informáticos que emplean a unos 30 000 trabajadores. Israel factura 4 100 millones de dólares, cuenta con 400 empresas de software que emplean unas 15 000 personas. En los países de América Latina que se tomaron en cuenta para nuestro estudio Argentina facturó alrededor de 2 000 millones de dólares en el año 2000. El sector está conformado por unas 500 empresas de software y servicios informáticos y emplea a unas 15 000 personas. Brasil comercializó en el 2001 3 883 millones de dólares. Cuenta con 2398 empresas desarrolladoras de software (no incluye los servicios informáticos) y empleó para todo el sector de 121 000 a 158 000 personas. Uruguay a su vez facturó un total de 240 millones en el 2000, cuenta con 250 empresas que se dedican al desarrollo de software y conjuntamente con el sector de servicios informáticos emplea a un total de 2500 a 3000 personas. Costa Rica si bien no pudimos recabar datos de su facturación, sabemos que cuenta con 150 empresas que dedican a producción y desarrollo de software y emplea a unas 3 500 personas.

### **La industria en México**

En México, la industria del software, también atraviesa por un proceso de maduración incipiente que se manifiesta en un crecimiento casi ininterrumpido durante los años recientes. El total de facturación de software en paquete llegó en

el 2002 a 676,78 millones de dólares y la facturación del software a la medida, para la misma fecha alcanzó los 160,51 millones de dólares. A este rubro podemos agregarle que en concepto de exportaciones se facturó 121,89 millones de dólares. Asimismo cabe señalar que el 94% del software empaquetado es de origen extranjero. Se calcula que forman parte del sector unas 250 empresas.

Las empresas desarrolladoras de software en México son pocas y en su mayoría son micro y pequeñas empresas. Una de las causas que impide el surgimiento de nuevas empresas, identificadas en nuestra investigación, es la cantidad de software cautivo producido por sectores no especializados tales como educación, gobierno federal, estatal, empresas de mercado (manufactura, distribución, finanza, procesos, servicios). El total de facturación de este sector es de 751,14 millones, cifras muy superiores al total de facturado por software a la medida desarrollado en México por las empresas del sector especializadas, que es de 160,51 millones. Representa 4,67 veces más.

Los casos analizados para nuestro estudio focalizaron a 30 empresas desarrolladoras de software a la medida nacional e internacional radicadas en México. En base a los datos recogidos las mismas arrojaron los siguientes resultados:

Las empresas encuestadas, en su mayoría son relativamente joven. Si bien alguna ya desarrollaban software en la década de los 80, el boom se concentra en la década de los 90, continuando hasta nuestros días.

Estas 30 empresas están compuestas en su mayoría, si las medimos por número de empleados en 13 pequeñas y 8 micros, y de acuerdo a su facturación sobresalen 14 micro, 6 medianas y 6 corporativas. Estos datos ponen de manifiesto niveles altos de producción concentrados en muy pocas empresas.

El total de facturación de las firmas encuestadas asciende a 236,65 millones de dólares, lo cual representa el 71% del total del mercado de software a la medida. Prácticamente en estas 30 empresas está concentrada la mayor parte de la producción del software a la medida del país. Sin embargo si bien el sector aparece orientado al mercado interno, por la cantidad de empresas, las exportaciones arrojan una facturación de 121,89 millones de dólares, lo cual demuestra una dualidad entre la producción interna y la producción para la exportación. Esto obedece tanto a razones de concentración de la producción orientada a la exportación, en sólo tres grandes firmas, IBM, Softek y Ddemiesis por una parte, como por otra debido a la gran producción de software cautivo por los sectores no especializados, mencionado anteriormente, quienes compran poco software en el mercado. Estos factores contribuyen para frenar el desenvolvimiento de un mercado nacional de software que facilitaría a las empresas adquirir escala.

El personal ocupado en desarrollo de software (considerados como técnicos), en las empresas encuestadas llega a 3 814,7 y el personal administrativo a 468. En las empresas cuentan con egresados de licenciaturas, pero con poco personal con maestrías y con una ausencia casi absoluta de profesionales con doctorado. Los empresarios se lamentan en su mayoría del tiempo que tienen que dedicarle a la formación dentro de sus propias empresas.

Considerando la actividad principal de las firmas, se observa de los resultados obtenidos, que el grupo más importante comprende al sector de manufactura (26,8%), aunque también se encontró una alta orientación hacia empresas de informática y telecomunicaciones (19,9%) y seguros y servicios financieros en 19,8%.

En las empresas encuestadas, los lenguajes tradicionales (Cobol, Pascal, Fortran, Basic, C) son muy pocos utilizados, sólo es usado por 2,6% en dichas compañías. En cuanto al uso de lenguajes como C#, Java, Java Script, HTML/XML es usado

en un 35,6% de los casos. Oracle, Developer, Power Builder y Visual Basic son usados en un 29,8%. El dominio de lenguajes de última generación permite el desarrollo de aplicaciones de mayor nivel de sofisticación, la elección de uno u otro lenguaje estará siempre condicionada a los requerimientos de las aplicaciones a desarrollar como así también a la destreza de los programadores. En la medida en que el software desarrollado en México es de mediana complejidad, son sólo las firmas grandes las que dominan lenguajes más avanzados.

Los resultados de nuestra investigación muestran que existe en México un claro predominio de la plataforma Windows en sus recientes versiones NT/2000 con un 35% del total de las empresas encuestadas. También es alto el porcentaje de empresas que utilizan para el desarrollo de software el sistema operativo Unix (24,1%). Entre sus distintas versiones, Linux representa el 6,2% del total. El mayor incremento del uso de Linux, en algunos sectores, puede resultar un factor de competencia, podría abrir más espacios para generar desarrollos innovativos y podría abaratar dichos procesos. Sin embargo aunque su uso todavía es muy bajo comienza a ser considerado por algunas áreas de gobierno y de mercado.

### **Las dos propuestas principales que se derivan de la investigación**

A continuación y a modo conclusivo aludiremos a dos aspectos sobresalientes encontrados en los casos estudiados, respecto a la competitividad del sector a nivel internacional y sobre la compleja situación del sector en México.

#### **1. Sobre la competitividad del sector a nivel internacional**

La principal fortaleza de las empresas desarrolladoras de software es la innovación y calidad de sus productos. Para poder competir a nivel internacional, y en menor a escala a nivel local, no es suficiente desarrollar sólo software de

aplicaciones a medida, o bien productos con cierto grado de estandarización, o adaptados a los requerimientos particulares del usuario.

La capacidad innovativa de las empresas así como la especialización en mercados y/o segmentos más complejos y específicos (como offshore y outsourcing o software para Internet) son los cambios estratégicos a los cuales las empresas del sector en los distintos países estudiados deberán atenerse para su desempeño futuro.

Las ventajas en los costos de mano de obra y en los precios de ventas, que favorecen a algunos países por su situación cambiaria, resultan insuficientes no sólo para alcanzar una inserción exportadora sostenible, sino también para lograr una mejor posición en sus propios mercados internos.

Pocos países a excepción de India, implementan programas de calidad, basados en estándares internacionales. En los países de América Latina es casi nula la presencia de desarrollos innovativos de más amplio alcance (salvo algunas experiencias exitosas en Brasil y Costa Rica). La escala relativamente pequeña del mercado interno, en la mayoría de los países de América Latina, dificulta la posibilidad de que las firmas locales dediquen esfuerzos significativos para actividades de I&D.

Otro factor de competitividad importante es el activo con el cual cuentan los países a partir de la disponibilidad de capital humano altamente calificado. Paradójicamente los países de América Latina estudiados cuentan con recursos humanos en cantidad suficiente pero de calidad insuficiente, además como bien se ha insistido a lo largo de todo este trabajo faltan profesionales de alto nivel, lo cual limita las posibilidades de avanzar en desarrollos innovativos.

## **2. Sobre la complejidad y promoción de la industria mexicana**

El desarrollo de una industria competitiva de software en México es factible a partir de la existencia de (a) un conjunto de firmas con una trayectoria importante que operan en el sector tanto a nivel internacional como nacional; (b) la ubicación geográfica y cercanía con el mayor mercado del mundo, Estados Unidos, y la existencia dentro de él de un mercado hispano parlante; y (c) la existencia de un sistema científico-educativo en desarrollo, dotado de un incipiente sector especializado en electrónica y software.

Dentro de este contexto general, el mercado interno constituye una base económica de grandes posibilidades de desarrollo (un área de oportunidad), no solo por el aún bajo nivel nacional de consumo de software y las grandes necesidades de incrementarlo, sino porque la mayor parte del software consumido por los grandes usuarios (grandes empresas y entidades públicas) es producido al interior de las mismas, a diferencia, por ejemplo de lo que existe en Brasil, en donde la industria especializada abastece a la mayor parte del consumo nacional. Por esa razón, el impulso a la producción de software en México, tiene que comenzar por el mercado interno, a partir del papel promotor del Estado, no solo a nivel general (asimilación de experiencias de los países en desarrollo exitosos) sino específicamente, como usuario-comprador fundamental, para estimular a las firmas locales a elevar los volúmenes y calidad de su producción, incluyendo a la pequeña y mediana empresa (las actuales licitaciones están muy diseñadas para que accedan a ellas solo firmas de gran tamaño). Para ello se hace necesario modificar la forma en que se hacen las compras del gobierno, como paquetes completos que incluye software, hardware, servicio, etc., contribuyendo aún más a favorecer a las grandes firmas.

Pero lo expuesto no basta de ninguna manera para desarrollar una industria avanzada. Para que ello sea posible, se hace necesario combinar ese primer objetivo con, por lo menos, otros tres:

a) El desarrollo del software de exportación, aprovechando la existencia en el país de fuerza de trabajo calificada de bajo costo y muy buen nivel potencial de competitividad internacional. Este tipo de actividad, se efectúa hoy exclusivamente por unas pocas grandes empresas trasnacionales, pero a una escala mucho menor que las de la industria electrónica de hardware. Para que se de este desarrollo se hace necesario estudiar cuidadosamente la experiencia de los países en desarrollo exitosos considerados en este trabajo, y alentar la construcción de cadenas nacionales de proveedores y, eventualmente, de empresas exportadoras nacionales.

b) La constitución de un fuerte sector científico-educativo tanto a nivel de la formación y la investigación básica, como de su aplicación a la producción. Para ello se necesita ampliar considerablemente la cantidad y calidad de la oferta universitaria de conocimientos (ingenieros de computación, programadores y demás trabajadores especializados requeridos por la industria), así como la relación entre universidad y empresa.

c) El impulso a la conformación de polos de concentración regional de la producción y el conocimiento del tipo de los existentes en la India. Esto resulta fundamental para superar la actual dispersión geográfica y falta de articulación funcional de la industria (desarrollo de una división articulada del trabajo dentro de la misma a partir de la constitución de cadenas productivas).

En síntesis, como se mencionó en varias oportunidades en este trabajo, México necesita desarrollar simultáneamente su mercado interno (prioridad inmediata) como posicionarse a nivel internacional. Para que este cambio sea posible se requiere de iniciativas públicas (promotoras y científico-educativas) y privadas, dirigidas específicamente a tal objetivo. La compleja situación del sector no invalida para nada esta posibilidad, sino que la hace más necesaria.

## **Bibliografía**

Anchordoguy, Marie (1989). *Computers Inc. Japan's Challenge to IBM*, Harvard University Press. Boston.

----- (2000). *Japan's software industry : A Failure of Institutions?*,  
En: Research Policy, 29 (3) : pp.391-408.

Arora, Ashish, The Indian Software Services Industry. Documento en internet:  
991231302.pdf

Baba, Yasunori, et. al. (1995). *The Japanese Software Industry: The 'Hub Structure Approach'*. En: Research Policy (24), pp. 473-486.

Baba, Yasunori et. al. (1996). The User-Driven Evolution of the Japanese Software Industry: The Case of Customized Software for Mainframes", in D.C. Mowery, ed., *The International Computer Software Industry*, Oxford University Press: New York, 104-130.

Band, Jonathan et M. Katoh (1995). *Interfaces on Trial. Intellectual Property and Interoperability in the Global Software Industry*, Boulder, Westview Press.

Basave Jorge, et. Al. (2002), *Globalización y alternativas incluyentes para el siglo XXI*, Editorial PORRÚA, México.

Bazzana, G.C et. Al. (1993): ISO 9126 and ISO 9000. Friends or Foes?, in "Proceedings of IEEE Software Engineering Standards Symposium", Brighton.

----- et. al. (1995). *Improving software Quality through Quantitative Evaluation of Products and Processes*, in "Proceedings of ISCN Conference" Wien.

Bitzer, J. (1997), *The computer software industry in East and West: do Eastern European countries need a specific science and technology policy?*, Deustches Institut for Wirtschaftsforschung, mimeo, Buenos Aires.

Boscherini, Fabio y Poma, Lucio (2000), *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas*, Miño y Dávila Editores, Madrid.

Brian Arthur, W. (1994). *Increasing Returns and Path Dependence in the Economy*. Ann Arbor, The University of Michigan Press.

Brom, Juan (1999), *Esbozo de historia universal*, México, Grijalbo.

Buglione, Luigi (1999), *Misurare il software, Quantita, qualita, standard e miglioramento di processo nell'information Technology*, Italy.

Bustard, D.W. (1991). *Software Research Management*. En: *R&D Management*, 21 (3): 175-185.

Butera, Federico (2003), *Tecnologia e Organizzazione Per L'uomo e L'impresa*, Editorial Franco Angeeli, Italy.

Cafassi, Emilio (1998). *Internet: politicas y comunicaci3n*. Editorial Biblos, Buenos Aires.

Callieri, Carlo (1998), *Lavoro ed Economia della Conoscenza*, Editorial Franco Angeli, Italy.

Cámara de Comercio de Medellín. Colombia (1998). *The Indian IT industry. New software opportunities*. En: "Tendencias ocupacionales a mediano plazo en el Valle de Aburrá". Nov. Colombia.

----- (1998). *La industria del software, clave para el desarrollo de Antioquia*, No. 5. Colombia. Noviembre-diciembre. pág.8.

Campbell-Kelly, *Development and Structure of the International Software Industry, 1950-1990*, p. 74.

Campbell-Kelly, Martin et W. Aspray (1996). *Computer. A History of the Information Machine*. New York, Harper.

Cantarell, Aquiles y González Mario (2001), *Historia de la computación en México, una industria en desarrollo III*, Hobbiton Ediciones, México.

Carrillo y Hualde (2000). Manuscrito sobre definiciones de clueter. México.

Casas, R. (2001) *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México*. Antropos / Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México.

Castels, Manuel (1999). *La era de la información (Volumen 1, 2 y 3)*, Siglo XXI Editores, México.

----- (2001). *La Galaxia Internet*. Brosmac, S.L, Madrid, España.

Castro, Jorge, et. Al. (2002). *El acceso de la Argentina a la sociedad del conocimiento*, Fundación BakBoston, Buenos Aires, Argentina.

Coallier F. (1994). *How ISO 9001 fits into the software world*. En: IEEE Software, IEEE Computer Society, Vol.11, No.1.

Coster, A. (1998). *The case against ISO 9000: a Response, Software Process*. En: Newsletter, IEEE TCSE, Vol. 11.

Crovi, Della y Girardo, Cristina (2001). *La convergencia tecnológica en los escenarios laborales de la juventud*. Hersa Ediciones, UNAM, México

Cuevas Agustín, Gonzalo (2002), *Gestión del Proceso Software*, Editorial; Centro de Estudios Ramón Areces, S. A., Madrid.

Cusumano, Michael (1991). *Japan's Software Factories*. Oxford University Press. New York.

----- (1996) *Synchronize and stabilize: an approach for balancing flexibility and structure in software product development*. En: "Communications of the ACM".

----- y Michael et R.W. Selby (1995). *Microsoft Secrets*. The Free Press. New York.

Chudnovsky, Daniel, et al (2001), *El sector de software y servicios informáticos (SSI) en la Argentina: Situación actual y perspectivas de desarrollo*, mimeo.

D. Chandler, Alfred (2003), *La Rivoluzione Elettronica, I protagonista della storia dell'elettronica dell'informatica*, Universita Bocconi Editore, 324 Pág.

Dabat, Alejandro y Ordoñez, Sergio (2003). *Revolución Informática. Nuevo ciclo industrial y División internacional del trabajo: marco general para el estudio de la inserción internacional de México*. CRIM-IIEd-UNAM. En edición. México.

Davenport H. Thomas y Prusak Laurence (2000), *Il sapere al lavoro., Come le aziende possono generare, codificare e trasferire conoscenza*. Editorial ETAS.

Dawood M., (1994). *Companies, agencies should seek ISO 9000 certification*. En: IEEE Computer, IEEE Computer Society.

D' Costa, A.P. (2000), "Export Growth and Path-Dependence The Locking-in of Innovations in the Software Industry", 4<sup>th</sup>. International Conference on Technology Policy and Innovation. Curitiba. Agosto. Citado por Chudnosvsky y otros.

Drucker, Peter (2001), *Management challenges for the 21st century*, ISBN: 0887309992, Binding; Paperback.

El Universal. Suplemento Finanzas. 5 de junio 2000. México

Finquelievich, Susana (2000). *Ciudadanos a la Red!*, Ediciones La Crujía, Argentina.

Foray, Dominique (2000), *L'économie de la connaissance*, Editions La Decouverte, Pris.

Formenti, Carlo (2002), *Mercanti di Futuro*, editorial Einaudi, Torino.

Fransman, Martin (1995). *Japan's Computer and Communication Industry*. Oxford University Press. New York

Fritz, Alejandro (1998). *Producción y circulación de la información en Internet*, En: "Internet: Políticas y Comunicación", de Emilio Cafassi.

Gambardella, Agata P (1998). *Costruzione e appropriazione del sapere nei nuovi scenari tecnologici*, CUEN, Nápoles.

Gibas Wayt, (1994). *Software's Chronic Crisis*. En: Scientific American. Septiembre, pp.86.

Giotti Fabio y Roncaglia Gino (2000). *Il mondo digitale, introduzione ai nuovi media*, Editori Laterza.

Halal William; Kenneth Taylor (1999). *Competing for the future*. Harvard Business Scholl Press.

Harrison, Teresa and Stephen T. (1996). *Computer Networking and Sholarly Communication in the 21st. Century*; State University of N.Y. Press. New York,

Hayes W., and Zubrow D., (1995). *Moving on up: Data and experience Doing CMM-Based Process Improvement*. En: SEI Technical Report 95-TR-008.

Heeks, Richards (1998). *The Uneven Profile of Indian Software Exports*. Institute for Development Policy and Management / Manchester University. Working paper series. Paper No. 3.

Hoch, D., C. Roeding, G. Purkert y S. Lindner (1999), *Secrets of Software Success*. Managements Insights from 100 Software Firms around the World, Harvard Business School Press, Boston.

Humphrey W.S. and Sweet W.L. (1987). *A method for assessing the Software Engineering Capability of Contractors*. En: SEI Technical Report, SEI-87-tr-23.

Indian Departament of Electronics Annual Reports, Dataquest (India).

Industrial Development Agency / National Software Directorate. Ireland Goverment (1977). En: Irlanda.htm

Institute of Technology- (2003), *A Indústria de Software no Brasil- 2002: Fortalecendo a Economia do Conhecimento*. MIT-SOFTEX-W Class. Mimeo.

Jackson M. (1998). *Will there ever be Software Engineering?* En: IEEE Software, IEEE Computer Society, Vol. 15 No.1.

Jeffrey R., (1997). *Software Models, Metrics and Improvement*. En: ESCOM97 Conference, Berlin, Germany.

Jeletic K., et.al. (1996) *Software Process Improvement Guidebook, Revision 1*. En: SEL-95-102, NASA/GSFC.

Kitchenham, B. and Pfleeger, S.L. (1996). *Software Quality: the Elusive Target*. En: IEEE Software, IEEE Computer Society, Vol. 13, No.1

Kuntzmann-Combelles, A. (1997). *The Business Performance Perspective*. En: ESSI g-r-a-m, No.3.

Laura Pardo, María y Valentina Noblia, María (2000), *Globalización y nuevas tecnologías*, Biblos, Buenos Aires.

Levy, Pierre (1999). *¿Qué es lo virtual?*. Paidós, Multimedia 10, Barcelona, España.

López, Andrés (2003). "Componente B: Diseño de Análisis de resultados de la segunda encuesta Argentina de innovación 1997/2001". BID-CEPAL.

Lucas Marín, Antonio (2000), *La nueva sociedad de la información. Una perspectiva desde Silicon Valley*, Madrid, Trotta.

Maleaba Nelson (2000). *La storia del computer*. Universidad Bocconi. Italia.

Maroto, Carlos y Zavala, Jorge (2003) *La industria del software en México*. En: [www.desarrolladores.com.mx](http://www.desarrolladores.com.mx), 08 de Abril.

Minc Alain (2001), *www. capitalismo. net*, PAIDOS.

Ministerio de Industria, Energía y Minería (1999). *Informe Sector Software*. Junio Uruguay.

Medina Gómez, Francisco (2003). Política Jalisciense de Tecnologías de la Información. Primer Foro de la Industria del software en Jalisco. 19 de Junio. Zapopan, Jalisco.

Mochi Alemán, Prudencio (2001). *Las organizaciones de la sociedad civil como actor-red privilegiado y regulador en la globalización*. En: Cuadernos de Investigación. N. 14. El Colegio Mexiquense.

----- (2001). *Las organizaciones de la sociedad civil y las ciencias sociales*. En: Cuadernos de Investigación No 16. El Colegio Mexiquense.

----- (2002). *El movimiento del software libre*. En: "Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales", No. 185, octubre, pág. 73.

Moody, Glyn (2002), Codice Ribelle, Editorial HOPS.

Mowery, David C.(ed.) (1996): *The International Computer Software Industry*, New York, Oxford University Press.

----- y R.N. Langlois (1996):"Spinning off and spinning on: the federal government role in the development of the US computer software industry, *Research Policy*, (25): 947-966.

----- Y R. Nelson Richard (1999), *Sources of Industrial Leadership Studies of Seven Industries*, Cambridge University Press, 401 Pág.

----- Y Mathan Rosenberg (1998), *Paths of INNOVATION Technological change in 20 TH*, Century America, Published by The press Syndicate of The University of Cambridge.

Nasscom (2000), "Indian IT Software and Services Industry", disponible en <http://www.nasscom.org>.

----- (2001a), "Indian IT Software and Services Industry", disponible en <http://www.nasscom.org>.

----- (2001b), "Indian IT Software and Services Industry", disponible en <http://www.nasscom.org>.

Natale, D. (1995). *Qualità e quantità nei sistemi software: teoria ed esperienze*. Franco Angeli Informatica.

National Research Council (1991). *Intellectual Property Issues in Software*, National Academy Press. Washington D.C.

OCDE (1990). *New Technologies in the 1990's. A socio-economics strategy*. Paul A, David (1991). *Computer and Dynamo: The Modern Productivity Paradox in a Not-Too-Distant Mirror*. En: CEPR Discussion Paper 172. Stanford,

OCDE (1996) *The Knowledge-based Economy*, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris.

OCDE (2002). *Progress Report and Ideas for Future Work*. Working Party on Indicators for Information Society, Organization for Economic Co-operation and Development (DSTI/ICCP/IIS), Paris

OCDE-WPIIS (2002), *A preliminary Overview of the Availability of Official statistics on the Information society in Selected Non-Member Countries*". Working Party on Indicators for the Information society, organization for Economic Co-operation and Development (DSTI/ICCP/IIS), Paris.

Oktaba Hanna y otros (2002). Norma Mexicana de Calidad en Desarrollo de Software. [www.desarrolladores.com.mx](http://www.desarrolladores.com.mx)

Pascal Zachary G. (1998), *I Guerrieri del Software*, Milano.

Perazzo, Roberto, et.al. (1999) *Oportunidades para la producción y exportación Argentina de Software*. Serie de documentos de trabajo No. 9, Buenos Aires, Septiembre.

Piromallo Gambardella Agata (1997), *Costruzione e Appropriazione del sapere nei nuovi scenari tecnologici*, Editorial CUEN, Milano.

Pirsig, R.M. (1981). *Lo Zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*. Adelphi Editore.

*Programa de Desarrollo Empresarial de la Industria del Software*. Banco Interamericano de Desarrollo / Fondo Multilateral de Inversiones, (TC-99-10-05-6-UR). Uruguay.

Radice R.A., et. al. (1995). *A programming Process Architecture*,. En: IBM Systems Journal, IBM Corp., Vol. 24, No. 2.

Revelli Marco (2002) en Zachary, Pascal. Prefazione in edizione italiana. *I Guerrieri del Software*. UTET. PP.3-23

Rifkin, Jeremy (2000), *La era del acceso, la revolución de la nueva economía*, PAIDOS, España.

Román Ellerbracke, Sergio y Mijes Lomell, Elba (2003) *Análisis de la evolución y tendencias de los programas de Licenciatura en Informática y Computación en*

México. En: "Revista de la Universidad del Valle de Atemajac", Año XVII cuatrimestral enero-abril, pág. 48.

Rossingnoli, S. (1997). *Ricerca di mercato sui costi della qualità, De Qualitate*. Edizioni Nuovo Studio Tecna, Maggio.

Ruiz Durán, Clemente (2002). *Cadenas de Valor y Clusters del Software en México*. En: "Reporte preparado para el proyecto de cooperación técnica; Cluster, Value Chain and Competitiveness", UNAM.

Salomón, Alfredo (2002), *Panorama de la industria del software en México*, En: "Revista de comercio exterior, sección nacional", mayo, pág. 437.

Samuelson, Pamela (1993). *A Case Study on Computer Programs*. En: Mitchell B. Wallerstein et. al. "Global Dimensions of Intellectual Property". National Academy Press. Washington D.C. pp. 284-318.

Schiemann, W.A. and Lingle, J.H. (1998). *Seven Greatest Myths of Measurement*. En: IEEE Engineering Management Review, IEEE Computer Society, Vol. 6 No.1.

Secretaría de Economía (2002), *Programa para el Desarrollo de la Industria de Software, versión preliminar*, mayo. México.

Seddon, J. *The case Against ISO 9000, Software Process Newsletter*. En: IEEE Technical Council on Software Engineering, Vol. 11.

Shurmer, Mark (1993). *An investigation into the sources of network externalities in the packaged PC software market*. En: Information Economics and Policy, (5): 231-251.

Steinmueller, W. Eduard (en preparación), "The U.S. Software Industry: An Analysis and Interpretative History", en David C. Momery (ed.), *The International Computer Software Industry*, Oxford University Press.

Stewart A. Thomas (1997), *IL CAPITALE*, Editorial PONTE ALLE GRAZIE.

Swan, Peter and Shurmer, M. (1994). *The emergence of standards in software: Who would benefit from institutional intervention?*. En: *Information Economics and Policy* (6), pp. 295-318.

Takach, George S. (éd.) (1997). *The Software Business in Canada*. McGraw-Hill. Toronto.

Torrisi, Salvatore (1998). *Industrial organization and Innovation. An International Study of the Software industry*, Cheltenham, Elgar.

Tracs, Will. (1988). *Software Reuse Maxims, ACM SIGSOFT*. En: *Software Engineering Notes*. Vol. 13, N°. 4. October.

Thurow, L., (1996) *The future of capitalism*. Nicholas Breakey Publications. London

UNI EN ISSO 9001 (1994). *Sistemi Qualità. Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricaciones, installazione ed assistenza*.

Valvola Scelsi Raf (1998), *Ribellione nella silicon valley*, Edizioni Underground.

Villalobos Hernández M. y Gutiérrez T. Agustín (2002), Investigación sobre las prácticas de ingeniería de software en México, En: "Tesis en Informática o comunicación ANEIB, ganadores del 1er. Lugar del XV Certamen Nacional de Tesis en Informática.

Villavicencio, Daniel (2002), *La economía del conocimiento*, En: "Revista de comercio exterior", junio, pág 468.

Warshofsky, Fred (1994). *The Patent Wars*. Wiley (Chap. 6).New York.

Wayner, Peter (2001). *La ofensiva del software libre*. Editorial. Granica Buenos Aires.

----- (1999) *Netscape to Release New Browser Engine to Developers*. En: "New York Times", USA. 7 de diciembre.

Whitenger,, Dave. *Words of a Maddog*. En: Linux Today, 19 de abril de 1999. ([http:// linuxtoday.com/stories/5118.html](http://linuxtoday.com/stories/5118.html))

Williams, Riley. *Linux Kernel Vertsion History*. En: (<http://ps.cus.umist.ac.uk/~rhw/Kernel.versions.html>)

Williams, Sam (1999). *Linus Has Left The Building*. En: Upside, 5 de mayo, (<http://www.upside.com/Open-Season/>)

----- (2002). *Codice libero*, Editorial APOGEO, Italy.

Yoffie, David (ed.)(1997). *Competing in the Age of Digital Convergence*. Harvard Business School Press. Cambridge.

Yourdon, E. (1975) *Techniques of Program structure and design*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA

Zachary, Pascal (1994). *Showstopper! The Breakneck Race to Create Windows NT and the Next Generation of Microsoft*.

Zawinske, Jamie. "Resignation and Postmortem."  
(<http://www.jwz.org/gruntle/nomo.html>)

Zubrow, D. et. al. *Maturity Questionnaire*. En: SEI Special Report, CMU/SEI 94-SR-007.

#### **Sítios de Internet**

<http://www.debian.org>

[www.manifiesto.cofradia.org](http://www.manifiesto.cofradia.org)

<http://www.sindominio.net>

<http://www.open-source.org>

[www.samizdat.net/slut/textes/mult\\_cooprod.html](http://www.samizdat.net/slut/textes/mult_cooprod.html)

[www.stallman.org](http://www.stallman.org)

[www.gnu.org/copyleft/gpl.html](http://www.gnu.org/copyleft/gpl.html)

[www.softwarecostarica.htm](http://www.softwarecostarica.htm)

[www.desarrolladores.com.m](http://www.desarrolladores.com.m)

[www.bsa.org/statistics/index](http://www.bsa.org/statistics/index)

[www.stats.bls.gov/oco/ocoso24.htm](http://www.stats.bls.gov/oco/ocoso24.htm)

#### **Referencias hemerográficas**

Guadarrama, Jesús (2000), "Nace plan fast track para el desarrollo del software mexicano", *El Financiero*, 26 de junio.

Quintana, Enrique (2002), Editorial, *Reforma*, 17 de julio.

Ramírez, Mónica (2002), "Empresa-e", *Reforma*, 27 de octubre.

Vizcaíno, Adriana (2001), "Podría México ser exportador de software", *Reforma*, 25 de marzo.

Vizcalno, Adriana (2003), "Predicen beneficio del software libre", *Reforma*, 10 de febrero.