

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

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS

Ana María Chávez Galindo
DIRECTORA

Sergio Raúl Reynoso López
SECRETARIO TÉCNICO

Víctor Manuel Martínez López
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES

COMITÉ EDITORIAL

Dra. Adriana Yáñez Vilalta
PRESIDENTA DEL COMITÉ EDITORIAL

Ing. Sergio Raúl Reynoso López
SECRETARIO DEL COMITÉ EDITORIAL

MIEMBROS

Dr. Arturo Argueta Villamar
COORDINADOR DE ASESORES DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO INSTITUCIONAL

Lic. Raúl Béjar Navarro
CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS

Dra. Ana María Chávez Galindo
DIRECTORA DEL CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIONES MULTIDISCIPLINARIAS

Dr. Juan Guillermo Figueroa Perea
EL COLEGIO DE MÉXICO

Dra. Brígida García Guzmán
EL COLEGIO DE MÉXICO

Dr. Boris Gregorio Graizbord Ed
EL COLEGIO DE MÉXICO

Dra. Margarita Nolasco Armas
ESCUELA NACIONAL DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA

Dra. María Teresa Yurén Camarena
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

PRUDENCIO ÓSCAR MOCHI ALEMÁN

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

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias
Cuernavaca, Morelos, 2006

HD9696
C63
M64

Mochi Alemán, Prudencio Óscar

La industria del software en México en el contexto internacional y latinoamericano. /Prudencio Óscar Mochi Alemán. Cuernavaca: UNAM, Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, 2006.

261p.

ISBN: 970-32-3095-4

1. Software - Industria del - México. 2. Tecnología de la información - Industria. 3. Computación, industria de la. 4. Programas de cómputo - Industria.

Catalogación en publicación: Martha A. Frías - Biblioteca del CRIM

Diseño de cubierta: Poluqui

Primera edición: 2006

© Universidad Nacional Autónoma de México,
Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias,
Av. Universidad s/n, Circuito 2, Col. Chamilpa, CP 62210,
Cuernavaca, Morelos, México.

Correo electrónico: crim@servidor.unam.mx

Sitio en Internet: <http://www.crim.unam.mx>

ISBN: 970-32-3095-4

Impreso y hecho en México

CONTENIDO

PRÓLOGO	13
INTRODUCCIÓN	29
1. HISTORIA INTERNACIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE SOFTWARE	45
Los orígenes de la computación electrónica	45
El software como actividad independiente	48
La otra historia: el software libre	62
La computación y el software en México	71
2. LA INDUSTRIA INTERNACIONAL DEL SOFTWARE	81
La nueva revolución productiva industrial y la división global del trabajo	82
La industria del software y los servicios informáticos	86

Las tecnologías de la información (TI) y los servicios informáticos (ISSI) en el ámbito internacional	93
Experiencias significativas del contexto internacional	99
<i>a) India</i>	99
<i>b) Irlanda</i>	107
<i>c) Israel</i>	110
La industria del software en América Latina	113
<i>a) Brasil</i>	114
<i>b) Argentina</i>	125
<i>c) Uruguay</i>	136
<i>d) Costa Rica</i>	142
3. LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN MÉXICO	147
Fases de la investigación	149
Datos generales	151
<i>a) Las tecnologías informáticas y de comunicación en México</i>	151
<i>b) El software en México. Tendencias y perspectivas generales</i>	154
Resultados de la encuesta	162
<i>a) Empresas que conformaron la muestra</i>	162
<i>b) Año de creación</i>	164

<i>c) Tamaño</i>	165
<i>d) Facturación y exportación</i>	167
<i>e) Recursos humanos</i>	168
<i>f) Usuarios</i>	170
<i>g) Herramientas de desarrollo</i>	171
i) Lenguajes	171
ii) Sistemas operativos	174
La importancia del territorio en las configuraciones híbridas de las empresas de software	177
La piratería: legislación y normatividad	186
Políticas públicas	188
Situación, fortalezas y debilidades del sector en México	191
4. LAS FORMAS DE ORGANIZACIÓN, LOS PROCESOS DE CALIDAD Y LOS TRABAJADORES DEL CONOCIMIENTO EN LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE	195
Las características de un nuevo modelo de organización	196
Aspectos generales	199
Los modelos de procesos de calidad en las empresas de software	208
<i>a) CMM (Capability Maturity Model)</i>	209

<i>b) Normas ISO</i>	217
<i>c) Norma Mexicana (MOPRIS)</i>	220
Los trabajadores del conocimiento	222
<i>La formación de los trabajadores del conocimiento en México</i>	225
CONCLUSIONES	231
El desarrollo histórico de la industria	232
La experiencia histórica de los países en desarrollo	235
La industria en México	239
Las dos propuestas principales que se derivan de la investigación	242
<i>1. Sobre la competitividad del sector en el nivel internacional</i>	243
<i>2. Sobre la complejidad y promoción de la industria mexicana</i>	244
BIBLIOGRAFÍA	247

AGRADECIMIENTOS

Este libro es producto de la investigación presentada como tesis doctoral en el Centro de Estudios Latinoamericanos de la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la UNAM. Sin lugar a dudas en su desarrollo fueron muchas las personas y amigos que estuvieron comprometidas en su elaboración, y a quienes le debo mi agradecimiento.

En primer lugar, le agradezco 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”*. El doctor Dabat me dio la oportunidad de participar y tener acceso a la financiación para el 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. A los doctores Miguel Ángel Rivera, Lucía Álvarez, Carlos Mazzé, Eduardo Ruiz, Cecilia Cadena y la maestra Guadalupe Acevedo, lectores y tutores del trabajo, a quienes agradezco sus atinados señalamientos.

Un agradecimiento especial al doctor Héctor Hernández Bringas, director en su momento del Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias de la UNAM, por su confianza en mi trabajo. Así mismo un reconocimiento a la actual directora doctora Ana María Chávez por el apoyo brindado para la publicación de este trabajo.

Por último agradezco a todos aquellos que estuvieron conmigo durante este recorrido: a Ernesto Takayanagui por su apoyo para procesar las encuestas, a Sergio Raúl Reynoso y a todo su equipo por el cuidado puesto en la edición de este libro, y gracias también a Cristina, quien acompañó con esmero y dedicación este proceso de trabajo y estudio.

PRÓLOGO
EL LIBRO DE PRUDENCIO MOCHI
Y LOS PROBLEMAS DE LA INDUSTRIA
MEXICANA DEL SOFTWARE

Alejandro Dabat (CRIM-IIEc/UNAM)

Desde la segunda mitad de la década pasada, México ha pasado a ser un importante jugador del sector electrónico-informático (SE-)¹ mundial, que junto con el sector científico-educativo (SC-E), constituyen el núcleo central de la nueva economía global del conocimiento. El país se ha convertido en uno de los 10 principales exportadores mundiales de productos electrónicos, como resultado de la relocalización, en el país, de gran parte del

¹ Utilizamos la denominación de SE-I en lugar del habitual de Tecnología de la Información y las Comunicaciones (TIC), para referirnos al nuevo complejo de nuevas industrias y productos resultantes de la revolución informática, que constituye el núcleo dinámico central de la llamada nueva economía y la infraestructura tecnológica de la sociedad de la información. Utilizamos el concepto de sector y no el de tecnología, porque el primero tiene una acepción mucho más amplia, además de la nueva tecnología, incluye la producción, el consumo y la reproducción del conjunto de los bienes y servicios que lo integran, y permite un estudio sectorial global para compararlo con otros complejos productivos globales como, por ejemplo, el complejo productivo fondista que estructura la producción y la reproducción social desde la II Guerra Mundial del siglo pasado.

aparato productivo estadounidense; y el primer exportador de una serie de productos de esta industria tan importante como el mayor de la llamada electrónica de consumo (televisores). O de varios de los nuevos instrumentos electrónicos de producción, como son los de control automático y control de procesos, o de medición de fluidos. Pero también algunas empresas mexicanas del SE-I han adquirido dimensión mundial, como es el caso de las de telecomunicaciones del grupo Carso, que han pasado a controlar las comunicaciones latinoamericanas modernas, junto con Telefónica de España, en substitución de las empresas estadounidenses que dominaron tradicionalmente el sector.

Esto podría en principio llevar a concluir que México se encuentra entre los países del mundo que cuentan con niveles muy avanzados de desarrollo, en los sectores modales de la tecnología y las industrias de punta de la llamada nueva economía. Pero esto no es así, porque los logros resonantes mencionados son islotes aislados dentro de una economía y una sociedad muy rezagada en materia informática y de incorporación a la economía del conocimiento; los logros se explican más bien por otro tipo de factores como es la división internacional del trabajo, el TLCAN y la integración de México a la economía de América del Norte, o por el elevado nivel de transnacionalización de la gran empresa mexicana.

En casi todos los indicadores substantivos utilizados para medir la incorporación de los países a la economía y a la sociedad del conocimiento (número de computadoras, líneas telefónicas, usuarios de Internet etc.), México se encuentra muy atrás en el ámbito mundial, generalmente cerca del lugar 50. Y es mayor aún si se le considera en términos relativos al ingreso por habitante (la llamada “brecha digital pura”), que es un indicador que permite aislar los aspectos digitales propiamente dichos, relacionados con las disparidades de ingreso por habitante de

los países.² Según este indicador, a comienzos del nuevo siglo, México estaría más entre los países más atrasados de América Latina en desarrollo digital relativo por habitante, décimo lugar por cantidad de computadoras por unidad de producto por habitante, décimo primer lugar por la cantidad de líneas telefónicas por unidad de producto por habitante y decimosegundo lugar por cantidad de usuarios de Internet, siempre por unidad de producto por habitante (ALADI, 2003).

La importancia del libro de Prudencio Mochi estriba en su carácter pionero en cuanto al desarrollo productivo de un sector crucial del SE-I, fundamental para el desarrollo futuro de México. Escrito desde una perspectiva analítica, que parte del desarrollo internacional de la industria y de la comparación de la industria mexicana con la de los principales países productores y exportadores de América Latina. A ello cabe agregar que el libro incorpora aspectos fundamentales de la industria del software, generalmente no considerados en otros trabajos, como es el caso (a) de las formas de organización de la empresa y el trabajo, y del nuevo trabajador del conocimiento, y (b) del software libre.

La aparición de un libro pionero sobre la industria mexicana del software no es sólo importante por referirse a una industria poco estudiada, sino en particular por el significado actual de esa industria y su importancia para el desarrollo futuro de México. Si bien ha tendido a exagerarse en varias ocasiones la importancia del software dentro de la revolución informática y del conjunto del SE-I,³ no es de dudarse su enorme importancia

² Lo que ALADI llama “brecha digital pura” mide la relación entre las disparidades digitales de los países (Dd) y sus disparidades de ingreso por habitante (Ih) , a partir de establecer si el cociente entre ambos indicadores (Dd/Ih) es mayor o menor que 1.

³ Numerosos autores consideran que el nuevo papel del software, junto al de otros productos puramente intelectuales como el diseño en relación con

tecnológica e histórica, y su relación directa con la evolución económica y social, y el desarrollo informático de los países. Pero además, la industria del software constituye una actividad dotada de características propias muy distintivas, como es la actividad productiva básicamente intelectual (inmaterial), de baja composición técnica del capital y altísima intensidad en trabajo de conocimiento, con características económico-jurídicas muy peculiares (importancia decisiva de la renta tecnológica y propiedad intelectual difícil de proteger).

El núcleo fundamental de la industria del software, es la producción de programas originales de uso general para la operación de computadoras y el equipo electrónico (el llamado software empaquetado vendido masivamente a múltiples usuarios), consistentes en sistemas operativos, aplicaciones de uso general (horizontal), destinadas a actividades específicas (aplicaciones

el producto, implica el predominio de la producción inmaterial sobre la material, y por lo tanto una nueva época histórica conformada en torno a principios muy diferentes a los de la revolución industrial. Pero ello parece ser una opinión exagerada. El software, como también el diseño en relación al producto, es solamente un componente (la programación) de los dispositivos electrónicos flexibles (programables) que conforman la infraestructura material de la economía del conocimiento y la sociedad de la información: las computadoras, redes alámbricas e inalámbricas, satélites, equipo de telecomunicación o equipo electrónico de producción y consumo movidos por microprocesadores y chips de memoria y conectados por fibra óptica y ondas magnéticas. Como sucedió en su momento con los medios de producción característicos de cada etapa de la sociedad industrial, los nuevos medios de producción resultantes de la revolución informática, incluido el software, son substitutos de capacidades de trabajo vivo del cuerpo humano, aunque esta vez en un nivel de complejidad y socialización mucho mayor, como es el caso de la substitución de ciertas funciones lógicas y de memoria y comunicación del cerebro por la computadora y las redes de computadoras y de equipo movido por dispositivos electrónicos.

verticales) y herramientas para uso de programadores. La producción en gran escala de software empaquetado exige un alto desarrollo tecnológico, de capacidad científica y de programación, que sólo se halla en Estados Unidos y en otros pocos países líderes en el ámbito internacional. Esto provoca que los países en desarrollo tiendan a contar con una producción muy escasa de este tipo de software, y a ser grandes importadores del mismo.

Otra parte muy importante de la producción del software está vinculada directamente con el usuario: para adaptar los programas que requiere, a las particularidades de equipo y negocio o actividad (software “customizado” o “a medida”) que es tanto un producto inmaterial como un servicio principal (adaptación *in situ*); esto por lo general es parte de una actividad más amplia de servicios informáticos, como son la asesoría o el soporte técnico. Se trata de un segmento de actividad que tiene menores requerimientos tecnológicos que el anterior, que no puede dejar de existir en ningún país con algún consumo significativo de software, porque ninguna institución o empresa puede prescindir de adaptaciones y éstas no pueden ser completamente importadas. Pero en la medida en que este tipo de producción adaptativa puede ser realizada, tanto por empresas independientes especializadas como por departamentos especializadas de los grandes usuarios, el peso relativo de ambas modalidades tiende a ser un indicador importante del mayor o menor nivel de desarrollo y especialización de la industria nacional.

Por último, existe un tercer tipo de producción de software potencialmente muy importante para México por la importancia de su industria electrónica de exportación, que es la producción de software como insumo de los dispositivos electrónicos fabricados por dicha industria (“software embebido”), ya sea bajo la forma de producción directa por la propia empresa de marca como IBM o Hewlett Packard o por empresas subcontratistas de las mismas,

o de sus contratistas principales, como es el caso de Solectron. Se trata de un tipo de producción propio de la industria electrónica y, en México, de la industria electrónica de exportación radicada en el norte del país.

Una última cuestión general que queremos considerar, es el de las transferencias internacionales de software. Éstas son muy importantes por la propia naturaleza vital de la programación (sobre todo de los programas “empaquetados”) para el funcionamiento del conjunto del equipo electrónico mundial, y la concentración y especialización de la producción en pocos países. Pero cuando el software trasferido adquiere la forma de un bien intangible, como el empaquetado vendido a usuarios finales o el vendido como insumo para embeber en productos tangibles (no del software ya embebido en un bien tangible), tales transferencias escapan al control de las aduanas nacionales; y además el grueso de las mismas no puede ser contabilizado como flujos internacionales de comercio, con la consecuente alteración drástica que ello implica de las cifras oficiales del comercio internacional.⁴ En lo que se refiere al software a medida y los servicios complementarios, las transferencias internacionales son en principio más difíciles por el requerimiento de relación directa *in situ* entre productor y usuario. Pero esto ha comenzado a cambiar recientemente, gracias a la importancia cada vez ma-

⁴ Esta situación plantea un problema muy grande para la contabilización y fiscalización en el ámbito del comercio internacional, ya que existe una impresionante subestimación del comercio internacional del software (alrededor de 10 mil millones de dólares en 1997, según la OCDE). Como ejemplo, en lo que respecta al abastecimiento de los mercados de Estados Unidos, Europa y Japón por firmas estadounidenses, existe una cifra del orden de los 30 mil millones de dólares. Considerando al conjunto de los países consumidores y vendedores, existe una suma superior a los 40 000 mil millones, o sea por lo menos cuatro veces mayor de la suma anteriormente reportada.

yor de los procesos de fragmentación de la producción, y de subcontratación internacional en materia de software tras la exitosa experiencia de la India. Esto ha dado lugar a la incorporación de diversas modalidades del software, a medida que implican desplazamientos internacionales de programadores y técnicos, a la nueva oleada de subcontratación internacional de software y servicios, desencadenada en el contexto de la crisis internacional de 2001-2002.⁵

A partir de lo expuesto y retomando la información de Mochi y de otros trabajos situados en una perspectiva analítica parecida (Dabat y Rivera, 2004; Dabat, Ordóñez y Rivera, en prensa; y Dabat y Ordóñez, en prensa) es posible aproximarse a una caracterización general de la economía mexicana del software, que permita situar con cierta precisión la aportación del libro prologado. En la medida en que México es un país en desarrollo con fuertes rezagos científicos y educativos; vecino de la principal potencia informática y electrónica mundial; integrado como plataforma exportadora de hardware a la economía de América del Norte, y carente de políticas industriales activas, su producción del software adoptó de hecho un perfil bastante complejo y desintegrado, resultado de la yuxtaposición de por lo menos cinco sectores diferentes muy poco conectados entre sí:

A) Industria nacional privada de software y servicios informáticos, constituida casi exclusivamente por pequeñas y media-

⁵ En el contexto de la crisis de 2001-2002, aparecen nuevas condiciones en la división interindustrial del trabajo y la conformación de las redes empresariales globales como respuesta a la arrolladora competencia de China y otros países de Asia Oriental en productos electrónicos de uso masivo y de la extensión a otros países de la exitosa experiencia de la India, en el nuevo tipo de subcontratación internacional en servicios e industrias intensivas en trabajo intelectual.

nas empresas desarrolladoras, con escasísima producción de software empaquetado (6% del total) y casi completamente centrado en la producción interior de software, a medida principalmente para la pequeña y mediana empresa mexicana. Este sector cuenta con muy pocas empresas de tamaño y nivel internacional, entre las cuales solo una (Softex) alcanza verdadero nivel internacional.

- B) Producción interna (autoconsumo) por grandes consumidores para la adaptación y el desarrollo del software requerido por los mismos usuarios (software a medida) y los diversos servicios requeridos por las empresas e instituciones. Se trata de un sector mucho más grande que el anterior, al que —conforme el libro de Mochi— duplica en tamaño.
- C) Filiales de las grandes empresas transnacionales de software empaquetado, que distribuyen la casi totalidad de ese tipo de software consumido en el país (94% del total) y realizan actividades generales de soporte técnico y de asistencia a grandes empresas.
- D) Grandes empresas transnacionales exportadoras de productos electrónicos de marca, que producen y subcontratan software embebido, como parte de sus actividades de producción de productos electrónicos de exportación y —en algunos casos como IBM— también para exportación directa de software.
- E) Empresas subcontratistas de software que operan bajo dos modalidades diferentes: E1) Producción nueva de software embebido para la industria electrónica de exportación; y E2) Producción de software para la exportación directa dentro de cadenas internacionales de subcontratación, donde la principal empresa mexicana (Softex) se ha orientado en esta dirección.

El libro de Prudencio Mochi se concentra en el estudio del núcleo principal de la producción mexicana del software (sec-

tores A y B) conocido simplemente como industria nacional del software, centrado en el software a medida producido para el mercado interno o el consumo interno del usuario, con escasa producción de software empaquetado y muy poca actividad exportadora. Este universo deja expresamente de lado la producción de software embebido para la industria electrónica de exportación (sectores D y en parte E)⁶ y la actividad de la empresa transnacional importadora de software empaquetado que hemos llamado sector C. Esto determina un universo parcialmente incompleto, que debería completarse por futuras investigaciones que permitan integrar nuevos conocimientos al cuadro general de la investigación de Mochi. Pero estas lagunas no afectan a la plena validez del estudio y las conclusiones del libro, establecidas a partir del estudio del núcleo principal de la producción mexicana en vinculación con la base científica-educativa nacional en que ella se apoya, y de la comparación de la industria nacional con la latinoamericana.

La comparación con la industria latinoamericana del software y en particular la brasileña, resulta muy importante para comprender mucho más claramente las limitaciones de la industria mexicana. En principio, la industria brasileña del software es mucho más desarrollada que la mexicana a pesar del nivel de

⁶ La industria electrónica de exportación de México, centrada en la exportación de computadoras, equipo telefónico, televisores e instrumentos electrónicos de uso industrial y médicos, cuenta con una cierta producción de software, de hecho como apéndice de la producción de hardware (software “embebido”) sea bajo la forma de laboratorios gestionados directamente por tales empresas o por subcontratistas de las mismas. Pero en la medida en que este sector casi no dirige su producción al mercado interno, ni sus actividades de exportación son muy difíciles de cuantificar (por el carácter embebido en el producto del software y su salida del país por medios electrónicos no controlados) su estudio escapa al libro de Mochi.

desarrollo económico relativamente parecido de ambos países, y de que México cuenta con ventajas comparativas superiores en por lo menos cuatro aspectos: a) La vecindad de México con la mayor potencia mundial de software y sus implicancias en términos de costos y acceso al sistema educativo del Norte; b) El TLCAN, y la movilidad general de factores que posibilita; c) La existencia en México de una industria electrónica de exportación de importancia mundial; y d) La inclusión de México en un ámbito lingüístico (el español) bastante más amplio que el portugués y muy fuerte dentro de Estados Unidos.

A comienzos del nuevo siglo, Brasil tenía un mercado interno de software similar al de España, ligeramente superior al de China y la India y tres veces y medio más grande que el de México (Witsa 2002).⁷ Su industria nacional de software contaba con un nivel de desarrollo tecnológico y diversificación mucho mayor que el de México expresado, por ejemplo, en su desarrollo empresarial nacional (cantidad mucho más grande de empresas nacionales de nivel internacional) (Junqueira Botelho y otros, 2003), en el fuerte peso de la producción de software empaquetado y en el nivel bastante mayor de autoabastecimiento nacional del mismo⁸ (abastecimiento mucho mayor del mercado interno por la producción nacional), o en el peso mucho más grande de la producción empresarial especializada en el mercado de software a medida. Al respecto, según Mochi, la empresa pri-

⁷ Estas diferencias pueden no ser tan grandes en la realidad, por las dificultades de contabilización que plantean, para México, la contabilización de los flujos intraempresas de las grandes firmas transnacionales, la presencia de un sector aparentemente amplio de software embebido, o la inexistencia en las cuentas nacionales de México de una contabilización separada del software.

⁸ El software empaquetado brasileño se desarrolló principalmente en función de dos sectores de suma importancia en la economía de aquel país, las tele-

vada brasileña independiente especializada en software cubre casi dos terceras partes del mercado de software a la medida de Brasil contra sólo una tercera parte de la empresa mexicana en México.

A pesar de la fuerte promoción pública de que gozó desde sus orígenes, la producción brasileña estuvo casi exclusivamente centrada en el mercado interno, con muy poca presencia exportadora. Pero a partir del 2001, diversos factores, como por ejemplo, la eliminación de la sobrevaluación monetaria, el auge de la subcontratación internacional o la reorientación hacia la exportación por el Programa Softex de promoción del sector (UNDP, 1999) posibilitaron un cambio muy fuerte en esta cuestión, que dio lugar a un crecimiento muy rápido de las exportaciones de software desde entonces, que las llevó desde un nivel muy bajo de 40 millones de dólares en 1998 hasta niveles actuales muy superiores, que se espera que lleguen a los dos mil millones de dólares en 2007 (Junqueira, *op. cit.*). Pero, además, una particularidad muy importante de las exportaciones brasileñas —que las diferencia, por ejemplo, de las hindúes y también de las de México— es el importante peso en las mismas de los productos, especialmente de aplicaciones verticales especializadas en finanzas, comunicaciones o negocios (*Ibid.*).

Brasil no es único país latinoamericano que ha logrado mayores avances que México. Argentina, por ejemplo, cuenta con un sector informático bastante menos desarrollado que el

comunicaciones y el sector bancario. En el sector bancario su desarrollo de software permitió el control de las principales operaciones en tiempo real, lo que determinó un incremento importante de la rentabilidad, mientras que en las telecomunicaciones posibilitó una serie de alianzas estratégicas con empresas electrónicas internacionales como Siemens y Ericsson, que hizo posible el desarrollo de centros de investigación y vinculación directa con centros de estudio superior, lo que determinó un importante salto y consolidación de la industria brasileña del software (*Ibid.*).

brasileño y casi completamente carente de promoción gubernamental hasta 2004 (Novick, 2002). Pero al igual que en Brasil, la conjunción entre la devaluación del peso,⁹ la nueva oleada de subcontratación internacional y la adopción de políticas gubernamentales activas de promoción del SE-I y las exportaciones, dieron lugar a una impresionante dinámica exportadora cercana a un crecimiento anual de 50% acumulado, que llevó las exportaciones de software y servicios informáticos y de telecomunicaciones, de 40 millones de dólares en 2000 a bastante más de 200 millones en 2004. Aparte de Argentina, también resultan muy interesantes los casos de pequeños países orientados hacia la exportación como Uruguay y Costa Rica, ambos considerados en el libro de Mochi.

En el decepcionante comportamiento de la industria mexicana del software inciden evidentemente muchos factores. En primer lugar, México no tiene en este campo ventajas comparativas tan fuertes como en la industria maquiladora manufacturera, ni en lo referente a los diferenciales de costos laborales que son mucho menores en materia de trabajo intelectual que en el manual,¹⁰ ni en ventajas de localización geográfica por la casi nula incidencia de los gastos de transporte en una industria de bienes

⁹ El cambio de paridad del peso argentino frente al dólar (pasaje del 1 a 1 al 3 a 1) modificó tan fuertemente los costos laborales relativos de Argentina, que la hizo pasar de un país con elevados costos laborales en el nivel internacional, a otro que se hallaba entre los que contaban con costos laborales más bajos dentro de la franja de países con condiciones favorables para la relocalización internacional de la producción. Según el índice A. T. Kearny del año 2004, que incluye a los 25 destinos nacionales más convenientes para la subcontratación internacional, Argentina había pasado a ser por su bajo costo laboral, el quinto país después de India, Vietnam, Filipinas y China, por delante de Tailandia, Brasil, Rusia, Turquía y Costa Rica.

¹⁰ Mientras que en la industria maquiladora manufacturera de exportación de México, las remuneraciones son entre seis a ocho veces inferiores a las

inmateriales transferidos electrónicamente. A ello se le suma la casi nula política de promoción pública de la industria padecida por el país hasta hace muy poco y —sobre todo— la escasa importancia concedida al impulso del sector científico-educativo, sin cuyo crecimiento vigoroso resulta imposible desarrollar una industria tan intensiva en conocimiento como la del software.

En este último aspecto, el libro de Mochi da una serie de elementos importantes recogidos de la encuesta a los empresarios entrevistados. Según surge de las respuestas, México no cuenta actualmente con un abastecimiento adecuado de técnicos (básicamente programadores y prospectos de líderes con altos niveles de conocimiento) para cubrir la demanda actual de una industria atrasada como la mexicana, por lo que parece muy difícil que sin modificar radicalmente la política educacional y de ciencia y tecnología, se pase rápidamente a niveles productivos cualitativamente superiores.

Si a todo esto se le suma el sostenimiento de una moneda sobrevaluada en detrimento de la competitividad del aparato productivo y el empleo nacional, nos encontramos ante un cuadro muy desfavorable y difícil de revertir dentro del marco actual de funcionamiento. La más clara expresión de esto, tal vez sea que a pesar de la vecindad con Estados Unidos, los lazos empresariales con ese país (que implican la existencia de una cultura empresarial en gran parte común) y la amplia difusión del bilingüismo, México sólo ha alcanzado una débil participación en la actual oleada de subcontratación internacional de software, con montos

estadounidenses, las de la industria del software mexicana podrían situarse término medio en unas tres veces por debajo de las estadounidenses y otras tres veces por encima de las de la India, que es un país de habla inglesa que tiene una industria más desarrollada (Infoamerica, 2005).

y ritmos de incorporación mucho más débiles que la del resto de países latinoamericanos considerados.¹¹

Lo expuesto no significa que la producción de software de México no haya dejado de avanzar. Pero esos logros son no sólo todavía muy débiles, sino que al parecer se estaría dando en gran parte por fuera de lo que hemos llamado industria mexicana del software, que es el objeto del libro de Mochi, sino en las redes de subcontratación de la industria electrónica de exportación (lo que hemos llamado sectores D y E de la producción de software en México). Como respuesta a la arrolladora competencia china en productos electrónicos masivos, la industria electrónica de exportación del norte del país debió encarar un proceso de reestructuración orientado hacia la producción de pequeñas y medianas series de productos especializados, y abrió un cierto margen de integración a un nuevo tipo de actividad subcontratista de diseño y software embebido en pequeña escala, que dejó un cierto espacio a nuevas empresas de origen mexicano organizadas por investigadores y técnicos vinculados desde tiempo atrás a la industria (Dabat, Ordoñez y Rivera, en prensa).

Lo ya expuesto tiene cierta importancia, pero evidentemente está todavía muy lejos de lo que México necesita. Lo que el país y el conjunto de América Latina requieren para entrar plenamente a la nueva economía global del conocimiento, es una vigorosa industria nacional de software. Y para ello las sociedades y los gobierno deben realizar un gran esfuerzo de movilización de sus recursos productivos y capacidad de innovación y comunicación social, siguiendo el camino de los países que lograron hacerlo,

¹¹ Conforme al estudio realizado por The Offshore Development Group, que es uno de los principales grupos internacionales especializado en la promoción de la subcontratación internacional, sólo 4 % de sus clientes potenciales veía a México como una alternativa conveniente para este tipo de actividad.

a partir de una integración activa en la economía y la sociedad mundial, basada en el aprovechamiento de sus potencialidades endógenas de desarrollo. Pero para poder hacerlo adecuadamente, deben comenzar por realizar balances objetivos de sus logros, carencias y rezagos dentro del marco internacional y regional.

OBRAS CONSULTADAS

- ALADI (2003). *La brecha digital y sus repercusiones en los países miembros de la ALADI*. ALADI/SEC/Estudio 157. Rev 1, 30 de julio de 2003. <http://www.aladi.org/nsfaladi/estudios.nsf/5b189d44e520606803256aa7006aa4a9/169f2e26bfc7a23c03256d74004d6c5f>.
- Dabat, A. y M.A.Rivera (2004). “Nuevo ciclo industrial mundial y países en desarrollo”. En: Dabat, Rivera y Wilkie, *op. cit.*
- _____ y Wilkie (2004). *Globalización y cambio tecnológico. México - Guadalajara - Los Ángeles*. México, D.F., UDG, UNAM, UCLA, Promex y Juan Pablos Editor.
- _____, S. Ordoñez y M. A. Rivera (2005). “La reestructuración del cluster electrónico de Guadalajara y el nuevo aprendizaje tecnológico”. *Problemas del Desarrollo*, vol. 36, núm. 143.
- _____ y Sergio Ordoñez (en prensa). *Sector eléctrico–informático y nueva industria de exportación en México*. México, UNAM/CRIM.
- INFOAMERICA (2003). *Industry Analysis, Can Mexico Develop a Software Maquiladora Industry*. Infoamerica, Tendencias, núm. 38. http://tendencias.infoamericas.com/market_reports/2003/038.htm
- Junqueira Botelho, A., G. Stefanuto y F. Veloso (2005). “The Brazilian software industria”. En: Ashish, Arora y Alfonso Gambardella, org. *From Underdogs to Tigers: The Rise and Growth of the Software Industry in Some Emerging Economies*. Oxford.
- Novick, Martha (2002). *La dinámica de oferta y demanda en un sector basado en el conocimiento*. Santiago de Chile, CEPAL.

- United Nations Development Program (1999). "Software Success: Brazil". UNDP, *Sharing Innovative Experiences*, vol. 1.
- World Information Technologies Service Alliance (2002). *Digital Planet 2002: The Global Information Economy*. WITSA.

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” (Dabat, 2002). Tal fenómeno está relacionado con el surgimiento de una reciente etapa del sistema de producción capitalista, que se caracteriza por la importancia cada vez mayor 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 al 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 de 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 además

se incorpora 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 crecimiento¹ (WITSA, 2000 y 2002) y de mayor significación del Sector Electrónico-Informático² (SE-I) (Miller, 1993) en el ámbito internacional (Cuadro 2). Su papel en la dinámica de las economías modernas es cada vez más importante, ya que su expansión está estrechamente asociada a la introducción masiva 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 semiindustrializadas o de industrialización reciente, como es el

¹ El crecimiento y su consecuente expansión del sector de TI ha sido vertiginoso, con tasas de crecimiento del orden de 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 (WITSA, 2000 y 2002).

² El sector electrónico-informático (SE-I) está integrado por cinco subsectores considerados por Miller y tomados en cuenta en el trabajo de Dabat y Ordóñez, 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).

caso de India, Irlanda e Israel, los cuales a partir del desarrollo de la “división global del trabajo”, desde la década de los ochenta se insertaron 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 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 de convocar a todos los sectores para construir una visión colectiva, a fin de aprovechar las ventajas que ofrece este subsector, para su inserción en la economía internacional, y para el desarrollo de los distintos sectores de la economía nacional.

Cabe destacar, empero, 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, entre otras, en ramas como la automotriz, la química, la computación, pero son pocos los que hacen lo mismo con la industria de software. Este problema también se extiende al campo de los datos y las estadísticas, donde 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 parte de algunos trabajos y fuentes internacionales, de las cuales fue posible extraer una serie

de elementos para determinar las tendencias y características básicas del subsector.

La investigación que presentamos tiene 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 (Hoch, Roeding, Purket y Lindner, 1999; Nasscom, 2000, 2001a, 2001b; Chudnosvsky *et al.*, 2001; Caprosoft, 2001). 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.⁴

El proyecto en su conjunto abarca el estudio de experiencias internacionales, con mayor hincapié en los casos latinoamericanos. Específicamente se realizó un estudio sobre las formas de organización y los sistemas de calidad que caracterizan a las empresas de software en México, 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 limitó 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.

⁴ Para el estudio se contó con la colaboración de la firma Select, IDC México, especialista en informática, empresa que brindó cifras cuantitativas y ayudó en la recolección de datos.

Las interrogantes que pretendemos responder son: ¿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?; ¿qué tipo de incentivos gubernamentales existen?; ¿qué tipo de oferta de recursos humanos preparados para esta industria hay en México?; ¿cómo participan las instituciones de educación superior en la formación de recursos humanos para apoyar la industria del software?; ¿cuáles son las fortalezas y debilidades del subsector en otras realidades internacionales que compiten con México?; ¿cuáles son las fortalezas y debilidades del subsector? Todo ello para indagar en qué medida se puede hablar de un subsector competitivo y consolidado en el país.

El problema y los presupuestos planteados que acompañaron a la investigación son:

- 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;
- 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, al grado que no se han generado sistemas operativos ni lenguajes, salvo de carácter experimental y académico,⁵ 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. Prevalcen 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

⁵ Las grandes empresas distribuidoras de herramientas ERP y CRM son de origen estadounidense (Oracle, Solomón, People Soft, etc.), europeo (Sap, Bann, Scala, etc.) y latinoamericano (Datsul, y de Costa Rica, Exactus).

⁶ Empresas desarrolladoras de software; subcontratistas de las mismas; empresas de servicios (instalación de programas, configuración, pruebas, puesta a punto, elaboración de manuales, etcétera).

⁷ 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*).

conceptualización de software y los tipos de empresas⁶ y rubros⁷ vinculados a esta rama industrial, así como los segmentos de productos que caracterizan al subsector. A su vez, consideramos necesario abrir nuestra explicación 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 la exposición en los cuatro capítulos, cuya estructura describe los objetivos que hemos perseguido para 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, el desarrollo durante la II 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 Asembler) y contribuyeron a reducir los costos de desarrollo *in house*, pero obstaculizaron el surgimiento de proveedores especializados. También se multiplicaron las compañías desarrolladoras de soluciones, las “agencias de servicios,” como formas alternativas a las grandes empresas de venta de hard-

ware. 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.

La siguiente década constituyó la era de consolidación de las soluciones empresariales, proceso en el que 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 día como Enterprise Resource Planning (ERP). Además, se desarrolló un nuevo sistema operativo multiusuario y multitareas, conocido como UNIX que 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 periodo surge también el movimiento de software libre, el que produjo 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 presentó 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 aparecieron nuevas compañías: Novell, Lotus, Word Perfect, entre otras. No obstante, la línea que propugna por el software libre se mantiene en 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: Linux, 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, Intershop Communications, Open Market, Commerce 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 Posgraduados 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, al proporcionar apoyo específico a las necesidades de las empresas, así comenzaron a surgir las principales firmas nacionales, 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,⁸ 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 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, al apoyar 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 se señaló 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

⁸ 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; Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006. Programa de Desarrollo Informático.

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 la 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 a Irlanda, por ser uno de los principales países exportadores mundiales de software y servicios informáticos. A su vez, Israel aparece como otro país 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, al lograr algunos productores locales una posición destacada en determinados segmentos o nichos (como es el caso de Brasil y Argentina) o se han insertado en el mercado internacional orientando su producción fundamentalmente a las exportaciones, como es 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.

En nuestra investigación 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, y se consideraron 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; le 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 transnacionales 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 ge-

nerales 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, y concluye 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 importancia de la generación de conocimiento e innovación vinculada a las tecnologías 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 y 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 de las figuras laborales que participan en dicha producción, esto es, 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 integra 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 esta industria y detectar la cantidad de profesionales que la academia ha formado para el subsector, tanto en la licenciatura como en el 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) Las TIC continúan siendo el sector más importante de crecimiento en el ámbito internacional.
- ii) 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.

1

HISTORIA INTERNACIONAL DE LA PRODUCCIÓN DE SOFTWARE

Los orígenes de la computación electrónica

Los orígenes de la historia de la computación pueden remontarse a 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), quien

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 agilizara la tabulación del censo de 1890, dado que el conteo levantado 10 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 II 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 Analyzer 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, al puntualizar 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 tecnología anterior (Malerba, Nelson *et al.*, 2000).

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, no obstante, 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 invento 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.

EL SOFTWARE COMO ACTIVIDAD INDEPENDIENTE

Es difícil establecer 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.⁹

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 determinado 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, 1998:136-140).

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

1er periodo: 1945-1965. Aquí 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 periodo cuando aparece un mercado incipiente de servicios independientes de adaptación para los usuarios (o software a medida¹⁰).

Dadas estas consideraciones, el nacimiento del software se puede ubicar:

⁹ Ampliamos la definición de software en el capítulo II, página 86.

¹⁰ Los tipos de software y sus características son abordados en el capítulo II, página 88.

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 II 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 (1996) citado por Salomón, 2002: 437).

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 estadounidense, en colaboración con el laboratorio Lincoln del Massachusetts Institute of Technology (MIT),¹¹ y en el que se emplearon 700 de los 1 200 programadores que en esa época había en dicho país. Investigaciones de 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 inician 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

¹¹ 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 Consortium (1995) o los instrumentos para construir comunidades virtuales online (1998)” (Lucas Marin, 2000:49). También participó en ARPANET desde 1958, el cual se considera precursor del actual Internet, cuyo proyecto dio inicio en 1969.

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, al utilizar 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 (Traductor de Fórmula) en 1957, y el Cobol (*Common Business Oriented Language*) [lenguaje orientado a negocios comunes], en 1960 (Steinmueller, *op. cit.*).

Fortran era utilizado en aplicaciones científicas como la estadística, mientras el Cobol se usaba principalmente en 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 fue el lenguaje usado para desarrollar 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 periodo: 1965-1978. Este segundo periodo 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, posibili-

tada por la aparición de las minicomputadoras. También en este periodo se ubica el movimiento del software libre.¹²

En 1965, la 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 en el mercado una base de datos: Mark IV, para competir con el “sistema de recuperación generalizada” de IBM. Durante el lustro 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 periodo 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), McDonnell Dou-

¹² El surgimiento y las características de este movimiento se describen en la página 62 de este capítulo.

glas, 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 empresa 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 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, y cuyo resultado 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 periodo: 1978-1993. Este periodo 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 (MS-DOS, 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 en más de 33%. Esta década fue muy compleja en la industria de la computación, ya que las máquinas se transformaron en bienes de uso individual generalizado y también las compañías fabricantes de computadoras se retiraron (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, al brindar prestaciones convencionales generalizadas y útiles para todos. A su vez 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-Packard¹³ (Marin, 2000) vieron reducidos sus ingresos por concepto de software y servicios a los niveles alcanzados 10 años antes. Estos datos permiten explicar el crecimiento experimentado, en ese tiempo por 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 es-

¹³ 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. Ambios 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.

trategia corporativa basada en estándares “abiertos” que incluían 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, como IBM y HP, y los de software (*Santa Cruz Operating System: 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%. 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

dBase 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, y posteriormente incorporada a Radio Shack (TRS-16).

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 mil dólares, lo adaptó y desarrolló MS-DOS (Hoch *et al.*, 1999) que con el tiempo se convertiría 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 10 veces mayor con respecto a 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 periodo, 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 en el desarrollo del sistema operativo OS/2 para la IBM, en 1981 ya había comenzado a desarrollar su sistema operativo Windows. “La Microsoft ambicionaba ser la sociedad que habría establecido los estándares para el software, y para lograrlo tenía la necesidad de tratar de la misma manera a todas las plataformas hardware” (Ferguson y Morris, citado por Chandler, 2003:192). 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 de que Microsoft había presentado en mayo su Windows 3.0, y después de varias negociaciones 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 1% de la base instalada en los sistemas operativos. Era claramente un fracaso que abrió las puertas al suceso de Windows 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 aún 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*) representaron 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 optimar 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.

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 periodo: 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 TCP/IP [*Transfer Control Protocol/ Internet Protocol*] 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 y Ordóñez, 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 periodo 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 Commerce 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 aún 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 hardware.

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, empero, los profesores y estudiantes universitarios comprometidos 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 permite 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 acceso 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 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 corporati-

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

Para los partidarios del software libre éste 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, 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 varias 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 go-

biernos, 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 y México, en la Asamblea Legislativa del Distrito Federal (ALDF) se prepara una propuesta de iniciativa de ley sobre el uso del software libre. Si bien por el momento la propuesta se concentra en el Distrito Federal, 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). 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 y 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 que en el nivel federal, estatal y local lo están considerando como oportunidad, gracias a que se generarían ahorros en las licencias y a las ventajas en el ahorro en equipos, ya que para los requerimientos del software licenciado, es necesario cambiar casi 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 perfec-

cionar 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, Cysco, 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 bases 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 mayormente productoras de hardware, como Hewlett Packard, Dell Computer y NEC, constituyeron recientemente un consorcio de amigos de Linux. En los últimos meses a éste se han adherido seis nuevos socios: Computer Associates Internacional, Fujitsu, Hitachi Covalent,

Mitsubishi 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 Portland en Oregon. 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. El mismo está dirigido a empresas que cuentan con sistemas informáticos complejos.

Los paquetes recientes de Linux son Start Division 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”, rígidamente 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 varios 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).

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, con 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, si 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 50 listas de correo públicas extraordinariamente activas. El grupo obtiene muchas donaciones (de personas 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, del gobierno y de los usuarios en general.

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: 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, Natan 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: 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 comprometido 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 (Mexel). 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, e incluyó los canales de distribución que comenzaron a aparecer.

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 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: 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, la 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 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 con respecto a 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 autocalificación.

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 los siguientes: 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, al fomentar 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.

2

LA INDUSTRIA INTERNACIONAL DEL SOFTWARE

En este capítulo se analiza el marco internacional del desarrollo del software, al tomar 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 y semiindustrializados, 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.

LA NUEVA REVOLUCIÓN PRODUCTIVA INDUSTRIAL Y LA DIVISIÓN GLOBAL DEL TRABAJO

El cambio de paradigma tecno-económico que llevó a la nueva revolución productiva industrial, tuvo como principal motor “la conversión del sector electrónico informático (SE-I) en el eje central de la economía mundial” (Dabat y Ordóñez, 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-keynesiano¹⁴ 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, etcétera.

Este nuevo ciclo industrial se vincula con la llamada “nueva economía o economía del conocimiento”¹⁵ y se ha expresado con

¹⁴ 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, y definió la sociedad y el Estado.

¹⁵ 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.

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) (Dabat y Ordóñez, *op. cit.*: 51).

Otro factor importante por considerar tiene que ver con las consecuencias aún desiguales para los países y regiones menos industrializados. Países de industrialización reciente o semiindustrializados 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 atrasado y los países mencionados de Europa Oriental (República Checa, Hungría y Polonia), así como los países de Europa Occidental: 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 Estados Unidos es el principal productor y consumidor en el ámbito 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 en el 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 otros en cambio, no?

Algunos autores (Dabat y Ordóñez, 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, en el 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 por 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 (Frobel, Heinrichs y Kreyre, citados por Dabat y Ordóñez, 2003),¹⁶ 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 (*Ibid.*).

De acuerdo con todo lo dicho, encontramos la conformación de nuevas relaciones productivas 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 de relocalización internacional (desarrollo de 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

¹⁶ Este concepto inicialmente fue utilizado con 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”.

al nuevo ciclo industrial, depende de las posibilidades que les confieren 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.

LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE Y LOS SERVICIOS INFORMÁTICOS

Dentro del SE-I el software desempeña un papel clave, ya que es un elemento imprescindible para que funcionen los equipos de hardware, y es el sector con más crecimiento. A su vez es importante destacar las nuevas áreas que se desarrollan, como son el *offshoring* y el *outsourcing*, el comercio electrónico y las 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 Standardisation Organization (ISO) y la World 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.

La expansión de Internet aceleró el avance de las ISSI en naciones industrializadas y en algunos países en desarrollo. Asimismo,

mo, 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 que puede dividirse la producción de software de acuerdo con sus características, importancia y complejidad, puede separarse en cinco 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 sólo de un programa, sino de un conjunto integrado de 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.

Para seguir 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 contabilidad, las hojas electrónicas, los procesadores de texto, etc. Actualmente existe gran variedad de 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

¹⁷ 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

inversión importante en términos de tiempo y dinero¹⁷ (Hoch *et al.*, 1999). La distinción entre los software empaquetados y los servicios 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 la 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

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 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.

de software embebido. De hecho, varios expertos predicen un crecimiento explosivo de este mercado en los próximos años (Chudnosvsky, López, Melistko, 2001).¹⁸

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

¹⁸ 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).

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 en el 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 recientemente parecía tener como protagonista exclusivo a Microsoft con sus sistemas 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. Esto abre nuevas posibilidades para grandes usuarios como son gobiernos, universidades y 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 Java¹⁹ y PHP. Según diversas estimaciones (López, 2003) tiene entre siete y 21 millones de usuarios en todo el mundo y crece a una tasa anual superior a 200%. Esto constituye otra amenaza potencial para el monopolio de Microsoft, el que estableció su liderazgo en el mercado masivo al apuntar a la plataforma PC compatible.

En el mercado de soluciones empresariales y servicios, como nos señala el autor citado (*Ibid.*: 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

¹⁹ Lenguaje descrito en la página 175 de este trabajo, inciso g) herramientas de desarrollo.

mensual para tener acceso 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*).

LAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN (TI), Y LOS SERVICIOS INFORMÁTICOS (ISSI) EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

El mercado mundial de TI alcanzó en el año 2001 alrededor de los 1 400 billones de dólares, mientras que el mercado de software llegó a 196 200 millones de dólares, y el de servicios informáticos alcanzó los 425 700 millones de dólares (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 de 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 (Cuadro 2).

El mercado mundial de las 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 y Argentina) participan con 5 a 6% del mercado global de TI y servicios informáticos. México se ubica en el puesto número 19 en esta clasific-

CUADRO I
EL MERCADO MUNDIAL DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, 1992-2001 (\$US MILLONES)

	<i>Hardware</i>		<i>Software</i>		<i>Servicios</i>		<i>Gastos internos*</i>		<i>Total</i>	
	<i>1992</i>	<i>2001</i>	<i>1992</i>	<i>2001</i>	<i>1992</i>	<i>2001</i>	<i>1992</i>	<i>2001</i>	<i>1992</i>	<i>2001</i>
Estados Unidos	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
Bélgica	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
Sudáfrica	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
Taiwán	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	953	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
Total	212.845	376.119	68.101	196.237	183.718	425.660	302.301	344.900	765.656	1.377.221

Fuente: WITSA (2000 y 2002).

CUADRO 2
COMPOSICIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO DEL TI POR PAÍSES, 1993-2001 (%)

País	TI			Software			Servicios Informáticos		
	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	5,0	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

Fuente: elaboración propia con datos de WITSA (2000 y 2002). Nota *: gastos en TI realizados internamente por las firmas e instituciones usuarias.

ficación (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).²⁰

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 (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

²⁰ Algunas estimaciones sugieren, por ejemplo, que a fines de la década de 1980 el desarrollo *in house* representaba alrededor de 60% de los gastos totales en software de Alemania, Francia, Reino Unido e Italia, los cuatro mayores mercados europeos (Torrìsi, 1998).

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 7% provino de los países asiáticos no miembros (OCDE, 2000).

CUADRO 3
PRINCIPALES EXPORTADORES E IMPORTADORES DE SOFTWARE ENTRE
LOS PAÍSES DE LA OCDE, 2000 (MILLONES DE \$US CORRIENTES)

<i>Exportadores</i>	<i>Valor</i>	<i>Participación</i>	<i>Importadores</i>	<i>Valor</i>	<i>Participación</i>
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).

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 entre los 950 y 1 050 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 Estados Unidos con 4 900 millones de dólares (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 4
PRINCIPALES EXPORTADORES E IMPORTADORES DE SERVICIOS
INFORMÁTICOS ENTRE LOS PAÍSES DE LA OCDE, 2000
(MILLONES DE \$ US CORRIENTES Y %)

<i>Exportadores</i>	<i>Valor</i>	<i>Participación</i>	<i>Importadores</i>	<i>Valor</i>	<i>Participación</i>
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
Bélgica/ 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 (2000)

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, semiindustrializados 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 (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.

Más de 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 noventa las exportaciones ape-

nas 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 % (Nasscom, 2001a).

CUADRO 5
INDIA. CRECIMIENTO NACIONAL, EXPORTACIONES
E INGRESOS TOTALES, 1993-2001 (EN \$M)

<i>Año</i>	<i>Exportaciones</i>	<i>Ingresos nacionales</i>	<i>Total</i>
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, Arish *et al.* (2002). *The Indian Software Services Industry*. Documento en Internet: 991231302.pdf. Tomado de Nasscom.

CUADRO 6
INDIA. DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DE SOFTWARE, 1997-1998

<i>Destino</i>	<i>%</i>
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

<i>Posición</i>	<i>1980-1981</i>	<i>1985-1986</i>	<i>1989-1990</i>	<i>1994-1995</i>	<i>1997-1998</i>
1	TCS	TCS	TCS	TCS	TCS
2	TUL	TUL	TUL	TUL	Wipro
3	Computronics	PCS	COSL	Wipro	Tata Infotech
4	Shaw Wallace	Hinditron	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 alianzas comerciales en los Estados Unidos. A su vez, la presencia de empresas extranjeras es muy importante dentro del sector de software y servicios informáticos, al representar alrededor de 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	21

Fuente: elaboración propia con datos de López (2003).

La distribución geográfica de las empresas muestra (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) está localizada en Bangalore y otra cantidad importante en Bombay (122).

CUADRO 9
INDIA. LOCALIZACIÓN DE LAS FIRMAS DE SOFTWARE

<i>Ciudad</i>	<i>Firmas</i>
Bangalore	152
Mumbai (Bombay)	122
Chennai (Madras)	93
Nueva Delhi	86
Hyderabad / Secunderabad	34
Calcuta	27
Pune	22
Otros	22
Total	558

Fuente: Heeks, Richard (1998). *The Uneven Profile of Indian Software Exports*. Manchester University/Institute for Development Policy and Management. Working Paper Series, núm. 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.

CUADRO 10
INDIA. COMPOSICIÓN DEL SOFTWARE DE LA INDIA Y SERVICIOS
(NACIONAL Y EXPORTACIONES)

<i>Actividad del software</i>	<i>Software nacional</i>	<i>Exportación de Software</i>
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 30.1 por ciento.

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 por ciento.

Son muchas 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 II
INDIA. CARACTERÍSTICAS DE LOS PROYECTOS DE EXPORTACIÓN DE SOFTWARE
EMPREDIDOS POR LAS EMPRESAS

<i>Actividad del software</i>	<i>Número de firmas proveedoras de servicios de exportación</i>	<i>%</i>
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.

El ejemplo de la India resulta más importante, 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).

CUADRO 12
INDIA. SECTORES ATENDIDOS POR LOS EXPORTADORES DE SOFTWARE

<i>Área</i>	<i>Firmas</i>	<i>%</i>
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.

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 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 al 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.

CUADRO 13
 TRABAJADORES DEL SOFTWARE: SALARIOS COMPARATIVOS, 1997

<i>Puesto</i>	<i>USA</i> <i>\$ por año</i>	<i>India</i>
Programador	32.500 - 39.000	2.200 - 2.900
Analista de sistemas	46.000 - 57.500	8.200 - 10.700
Programador analista	39.000 - 50.000	5.400 - 7.000
Administrador de redes	36.000 - 55.000	15.700 - 19.200
Administrador de Base de datos	54.000 - 67.500	15.700 - 19.200
Técnico de apoyo	25.000 - 35.500	5.400 - 7.000
Desarrollo de software	49.000 - 67.500	15.700 - 19.200

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

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) (Cuadro 14).

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 de 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.

CUADRO 14
INDIA. PRINCIPALES PROBLEMAS DE LAS FIRMAS DE SOFTWARE

<i>Problema</i>	<i>Exportadoras</i>	<i>Nacionales</i>	<i>Total</i>
Escasez 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 cómputo	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.

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 desde 1997, y 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 41% del total de ingresos y a 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.html

En 1991 existían 365 firmas, de las cuales 291 eran compañías nacionales y 74 radicadas en el extranjero (Cuadro 16). 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
<i>Número de compañías</i>				
Compañías nacionales	291	336	390	561
Compañías en el extranjero	74	81	93	118
Totales	365	417	483	679
<i>Trabajadores</i>				
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.html

Datos recientes del 2002, indican que la industria de software y servicios informáticos se constituye 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).

CUADRO 17

IRLANDA. EMPRESAS DE SOFTWARE Y NÚMERO DE TRABAJADORES, 2002

Total de empresas	900
Empresas de capital nacional	500
Empresas con capital foráneo	400
Trabajadores	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 40% de las exportaciones (Cuadro 18).

CUADRO 18

IRLANDA. EXPORTACIONES DE SOFTWARE, 1996

<i>Sector</i>	<i>%</i>
Electrónica y Software	40
Químicos	23
Alimentos	15
Otros	22

Fuente: 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, se pueden observar algunos datos básicos (Chudnosky *et al.*, 2001) (Cuadro 19).

En el ámbito de las políticas públicas, el gobierno de Irlanda incentiva el desarrollo del sector por medio 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 es considerado como parte de las fortalezas del sector.

CUADRO 19
IRLANDA. SECTOR DE ESCUELAS DE COMPUTACIÓN.
POSICIÓN EN RENDIMIENTO, 1996

<i>Universidades</i>	<i>Estudiantes</i>
Estudiantes en computación	1 000
Posgraduados en computación	160
Estudiantes de Diplomados en computación	240
Posgraduados de Diplomados en computación	600
Total	2 000
Escuelas de computación	900

Fuente: Chudnosky, Daniel *et al.* (2001). El sector de software y servicios informáticos en Argentina.

c) Israel

Israel aparece también como otro país 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 antivírus. 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.

Durante el periodo 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, al crear 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, este país contaba ya con 400 de estas empresas que emplean alrededor de 15 000 personas y generaban 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 Estados Unidos, cuya participación se ubicó en el orden de 38 por ciento. 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 (*Op. cit.*, 2001).

Fuera de estos tres casos, que son los más estudiados y difundidos en el ámbito internacional, ha habido algunas otras experiencias de ingreso tardío, como se menciona 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 menores, están 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 30% fueron de exportación. China, comenzó a desarrollarse alrededor de los años ochenta, y hoy cuenta ya 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 internacionalmente, no están por ello exentas de factores que aún impiden su pleno desarrollo. En el caso de India, la industria en su conjunto presenta menor capacidad innovadora, 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: i) hay un escaso desarrollo de actividades de Investigación y Desarrollo (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 se mencionan ciertas falencias respecto a su formación; iv) se da relativamente poca importancia a 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).

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 al 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 inicialmente 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,²¹ cuyos objetivos fueron preservar y proteger la producción local, así como incentivar las actividades de I&D en la industria informática.

Dentro de las TI el software (productos y servicios) es el sector más importante, al representar en el 2001, 42.6% (Cuadro 20).

Los datos que aquí presentamos fueron el resultado de una investigación realizada en Brasil, en el marco del proyecto “For-

²¹ La Ley 8248/ 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 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 10176/ 01, que mantuvo el mismo espíritu que la anterior, aunque modificó los porcentajes de los incentivos y definió mejor las regiones donde sería obligatoriamente aplicada.

“fortaleciendo la economía del conocimiento” financiado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y la sociedad SOFTEX, realizado por un equipo de investigadores,²² llevado a cabo en el año 2002. Se usaron datos recabados de entrevistas semiestructuradas 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).

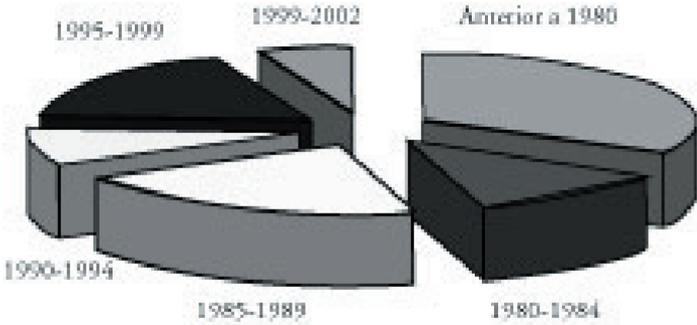
CUADRO 20
LA INDUSTRIA DE TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN EN BRASIL

<i>Valores en millones</i>	2000			2001		
	R\$	US\$	%	R\$	US\$	%
Hardware	12.8	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	18.0	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 consultorías)	7.31	4.0	23.2	9.54	4.1	22.6
Total de Tecnología de Información	31.5	17.2	100.0	42.3	18.0	100.0

Fuente: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. p. 20.

²² Giancarlo Sefanuto; Prof. Márcio Spinosa; Prof. Antonio Junqueira Botelho; Prof. Francisco Veloso; Nelson Hochman; Bruno Giannelli; y Carolina Vagheti.

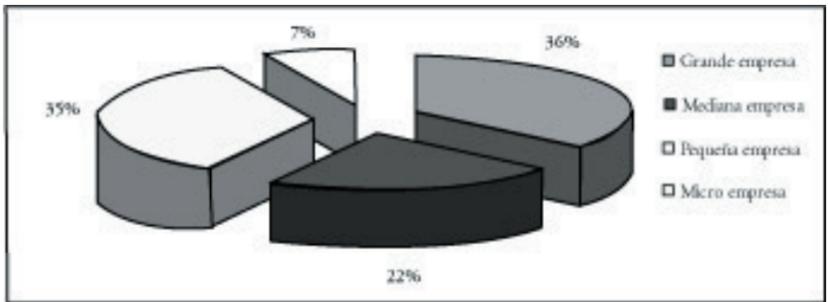
GRÁFICA 1
FECHA DE FUNDACIÓN DE LAS EMPRESAS EN BRASIL



Fuente: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. Brasil, p.34.

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 microempresas apenas 7%.

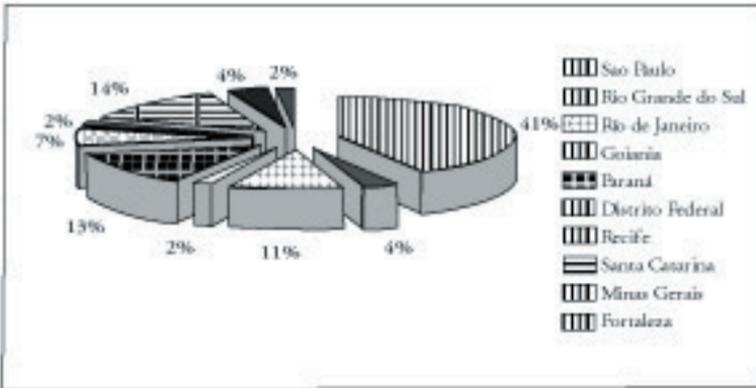
GRÁFICA 2
TAMAÑO DE LAS EMPRESAS



Fuente: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. Brasil,

En 2001 estas empresas se concentraban en las regiones del sudeste y sur del país (59% y 22%) (Gráfica 3). 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 (7 000 en 1994). La mayoría de éstas son microempresas (82%) y apenas 2% son grandes. De este universo, 2 398 son empresas desarrolladoras de software (Massachussetts Institute of Technology *et al.*, *op. cit.*).

GRÁFICA 3
DISTRIBUCIÓN DE LAS EMPRESAS POR ESTADO



Fuente: Massachussetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex.

El 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, posee importantes características (Cuadro 21). A pesar de contar con el mayor mercado de soft-

ware en América Latina (concentra más de la tercera parte de las ventas totales en la región), pocas firmas brasileñas lograron una inserción exitosa en el mercado mundial.

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.

CUADRO 2I
FACTURACIÓN TOTAL DE SOFTWARE SEGÚN TIPO DE EMPRESAS

<i>Origen de capital mayoritario</i>	<i>Facturados</i>		<i>Entregados</i>		<i>Exportados</i>	
	R\$		US\$		US\$	
	<i>Millones</i>	<i>%</i>	<i>Millones</i>	<i>%</i>	<i>Millones</i>	<i>%</i>
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
Total	3,883.0		16,578		84.1	
<i>Cantidad por facturación</i>						
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
Total	3,883		16,578		84.1	
<i>Modelo de negocios</i>						
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	15.50	5,605	33.80	1.2	1.40
TOTAL	3,883.0		16,578		84.1	

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

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

CUADRO 22
PRINCIPALES ÁREAS DE ACTIVIDADES

<i>Sector de actividad</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>% de Recursos Humanos</i>
Integradores / Fábrica de software	9	44%
Telecom	7	15%
Software de elaboración integrada (ERPs)	5	12%
Software bancario / financiero	5	7%
E-Busines / Contet Document Management	7	2%
Automático comercial	4	2%
Automático Industrial	4	6%
Gubernamental	3	8%
Educación	2	2%
Abrir software	2	0.5%
Nicho	3	2%
Otros	4	0.5%

Fuente: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. 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 Sureste, 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 Sureste, 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 *senior* (analistas de sistema o programadores) (Cuadros 23-24).

CUADRO 23
COSTO DE MANO DE OBRA POR REGIÓN

<i>Datos por región</i>		<i>Valores con US\$</i>			
		<i>Centro-oeste</i>	<i>Noreste</i>	<i>Sureste</i>	<i>Total</i>
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: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. p.41.

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 parte posee certificación de CMM. Todas las de mayor nivel de CMM son multinacionales (Gráfica 4)

CUADRO 24
COSTO DE MANO DE OBRA POR EMPRESA*

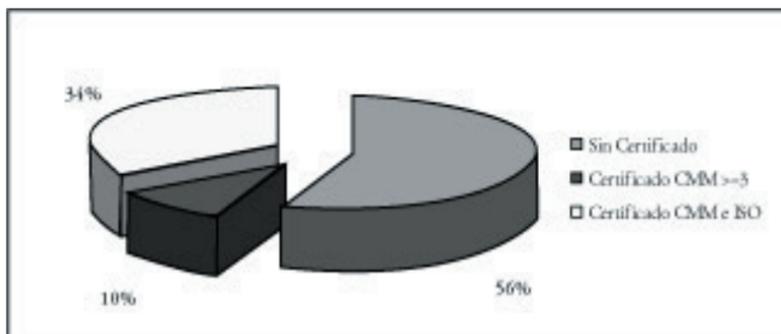
<i>Datos por Empresa</i>		<i>Valores con US\$</i>			
		<i>Grande</i>	<i>Media</i>	<i>Pequeña</i>	<i>Micro</i>
Directo	Técnico de Informática Junior	5.23	4.65	3.44	0.00
	Técnico de Informática Senior	10.81	7.87	5.73	9.45
	Programador Junior	5.31	6.25	5.86	4.98
	Programador Senior	9.31	12.94	8.06	7.69
	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: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. p.42

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

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

GRÁFICA 4
MADURACIÓN DEL PROCESO



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

CUADRO 25
MADURACIÓN DE PROCESO POR MODELO DE NEGOCIO

Modelo de Negocio	Poseer Metodología (sin certificado)	Certificado		Número de Empresas
		Certificado CMM e ISO	CMM >= 3	
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: Massachusetts Institute of Technology *et al.*, (2003). *La industria del software en 2002. Fortaleciendo la economía del conocimiento*. Brasil, MIT y Softex. p.49.

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 han alcanzado una gran madurez tecnológica, ya sea para el mercado nacional como para el extranjero.

Otra característica de algunas empresas, se refiere al trabajo realizado 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, por 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 denomina-

do Softex, de capturar en el nivel mundial 1% del mercado de software y 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.²³

Brasil cuenta con una fuerte carga tributaria para el empleo, esto repercute en algunas empresas, con gran presencia de recursos humanos, como las 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.

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

²³ Según datos obtenidos en una entrevista realizada a miembros del equipo de investigación, esta cifra llega aproximadamente a 40% de la producción.

del desarrollo de hardware, el gobierno no parece mostrar mucho empeño en el desarrollo de la industria de software. Este interés limitado se refleja en aspectos 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. 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).

CUADRO 26
DISTRIBUCIÓN DE LAS FIRMAS POR EDADES
(NÚMERO DE EMPRESAS Y PORCENTAJES)

<i>Año de fundación</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>Participación en la muestra (%)</i>
Antes de 1980	8	8,0
1980 - 1984	14	14,0
1985 - 1989	12	12,0
1990 - 1994	37	38,0
1995 - 1999	22	22,0
2000	5	5,0
Total	98	100,0

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*

La mayoría de firmas encuestadas se encuentran concentradas en la Capital Federal (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.

Para los datos del empleo y la facturación en el sector (Cuadro 28), la encuesta consideró otras fuentes (IAD, 2000),²⁴ por lo cual la muestra se refiere a 128 firmas para los datos sobre el empleo

²⁴ Instituto Alemán de Desarrollo.

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.

CUADRO 27
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LAS FIRMAS
(NÚMERO DE EMPRESAS Y PORCENTAJES)

<i>Provincia</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>Participación en la muestra (%)</i>
Capital federal	72	73,5
Provincia de Buenos Aires	7	7,1
Santa Fe	7	7,1
Córdoba	6	6,1
San Juan	2	2,0
Mendoza	1	1,0
Jujuy	1	1,0
Chabut	1	1,0
Salta	1	1,0
Total	98	100,0

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*.

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 18 por ciento.

CUADRO 28

FACTURACIÓN, EMPLEO Y EXPORTACIONES DE LAS FIRMAS RELEVANTES, 2000
(MILLONES DE DÓLARES, NÚMERO DE EMPLEADOS Y PORCENTAJES)

Firmas	Facturación		Empleo		Exportaciones	
	US\$ Millones	Participación (%)	Número	Participación (%)	US\$ Mi- llones	Participación (%)
<i>Por origen</i>						
Empresas extranjeras	415.2	66	2,702	42	10.5	73
Empresas nacionales	217.4	34	3,697	58	3.9	27
Total	632.6	100	6,399	100	14.4	100
<i>Por Tamaño</i>						
Grandes ¹	544.2	86	4,598	72	10.1	70
Medianas ²	74.5	12	1,340	21	3.9	27
Pequeñas ³	13.9	2	461	7	0.4	3
Total	632.6	100	6,399	100	14.4	100
<i>Por actividad</i>						
Oferentes de productos locales ⁴	112.4	18	2,082	33	10.8	75
Oferentes de productos extranjeros ⁵	231.9	37	1,164	18	0	0
Proveedores de servicios ⁶	288.3	46	3,153	49	3.6	25
Total	632.6	100	6,399	100	14.4	100

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 (desarrollados a medida, implementación e integración de soluciones, consultoría de software, etc.)

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*

La mitad de la facturación proviene de la venta de productos de software (sólo 17% desarrollados en el país y desarrollados en el exterior, 32%); el resto corresponde a servicios (51%) (Cuadro 29).

CUADRO 29
COMPOSICIÓN DE LA FACTURACIÓN DEL SECTOR SSI, 2000
(MILLONES DE DÓLARES Y PORCENTAJES)

<i>Actividad</i>	<i>Firmas encuestadas (millones de US\$)</i>	<i>Total del sector estimado (millones de US\$)</i>	<i>Participación en la facturación (%)</i>
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	1.017	51
Ventas totales	632.6	1.990	100
Exportaciones	14.4	35	-

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*.

Las firmas que proveen servicios profesionales están claramente orientadas a las grandes empresas, que representan 77% de sus ventas, y en menor medida al sector público (Cuadro 30); 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)

	<i>Total</i>	<i>Productos locales</i>	<i>Productos extranjeros</i>	<i>Servicios profesionales</i>	<i>Grandes</i>	<i>Medianas</i>	<i>Pequeñas</i>
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
Total	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*.

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 1 639 firmas manufactureras que representaban 54% de la facturación, 50% del empleo y 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, también en 1996, cuatro ramas acaparaban 50% del gasto en software y servicios informáticos: alimentos (18%), productos químicos (15%), maquinaria eléctrica (10%) y siderurgia (7%) (Cuadro 31) (*Ibid.*).

CUADRO 31
GASTO EN TI DE LAS FIRMAS MANUFACTURERAS POR SECTOR, 1996
(MILLONES DE DÓLARES Y PORCENTAJES)

<i>Sector</i>	<i>Gasto (millones de dólares)</i>	<i>Total (%)</i>
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	3,7	4
Edición e impresión	3,2	4
Textiles	3	4
Celulosa y papel	2,9	3
Tabaco	2,8	3
Autopartes	2,5	3
Maquinaria no eléctrica	1,6	2
Electrodomésticos	1,4	2
Cuero y calzado	0,9	1
Otros	6,5	8
Total	83,6	100

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*.

En cuanto a las formas de comercialización (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.

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 ser-

vicios de consultoría e implementación (21%), y soporte técnico (20%).

CUADRO 32
FORMAS DE COMERCIALIZACIÓN (NÚMERO DE FIRMAS Y PORCENTAJES)

<i>Sector</i>	<i>Grandes</i>		<i>Medianas</i>		<i>Pequeñas</i>		<i>Total</i>	
	<i>Número de firmas</i>	<i>%</i>						
Contacto directo con el cliente	19	100.0	45	100.0	19	79.0	84	95.0
Consultoría	12	63.0	29	64.0	16	67.0	57	65.0
Internet	5	26.0	9	20.0	10	42.0	24	27.0
Distribución mayorista	4	21.0	8	18.0	3	13.0	15	17.0
Subcontratista	3	16.0	9	20.0	3	13.0	15	17.0
Otros	4	21.0	3	7.0	2	8.0	9	10.0

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*

El desarrollo de software es una actividad intensiva en recursos humanos calificados. 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).

CUADRO 33
DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR ÁREA, SEGÚN TIPO DE EMPRESA
(NÚMERO DE EMPLEADOS Y PORCENTAJES)

<i>Área</i>	<i>Total</i>		<i>Firmas grandes</i>		<i>Firmas medianas</i>		<i>Firmas pequeñas</i>	
	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>
Desarrollo	1.310	34,0	834	32,0	433	38,0	43	38,0
Consultoría e implementación	801	21	574	22,0	216	19,0	11	10,0
Soporte técnico	755	20	621	24,0	117	10,0	17	15,0
Comercialización y ventas	388	10	255	10,0	115	10,0	18	16,0
Administración	346	9	222	8,0	107	9,0	17	15,0
Capacitación	80	2	38	1,0	36	3,0	6	5,0
Otros	185	5	80	3,0	103	9,0	2	2,0
Total	3.685	100	2.624	100,0	1.127	100,0	114	100,0

<i>Área</i>	<i>Total</i>		<i>Productos locales</i>		<i>Productos extranjeros</i>		<i>Servicios profesionales</i>	
	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>
Desarrollo	1.310	34,0	391	36,0	0	0,0	919	35,0
Consultoría e implementación	801	21,0	205	19,0	31	24,0	565	21,0
Soporte técnico	755	20,0	133	12,0	25	20,0	597	22,0
Comercialización y ventas	388	10,0	149	14,0	61	48,0	178	7,0
Administración	346	9,0	125	12,0	9	7,0	212	8,0
Capacitación	80	2,0	35	3,0	1	1,0	44	2,0
Otros	185	5,0	41	4,0	0	0,0	144	5,0
Total	3.865	100,0	1.079	100,0	127	100,0	2.659	100,0

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*

CUADRO 34
DISTRIBUCIÓN DEL PERSONAL POR ÁREA, SEGÚN TIPO DE EMPRESA
(NÚMERO DE EMPLEADOS Y PORCENTAJES)

<i>Calificación</i>	<i>Firmas grandes</i>		<i>Firmas medianas</i>		<i>Firmas pequeñas</i>		<i>Total</i>	
	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>						
Graduados en informática	588	28.0	356	34.0	26	25.0	970	30.0
Graduados en otras carreras	226	11.0	156	15.0	24	23.0	406	13
Posgrados en informática	37	2.0	27	3.0	2	2.0	66	2
Otros posgrados	45	2.0	16	2.0	0	0.0	61	2
Estudiantes en informática	529	26.0	214	20.0	15	15.0	758	24
Estudiantes de otras carreras	44	2.0	21	2.0	0	0.0	65	2
Técnicos en informática	266	13.0	76	7.0	9	9.0	351	11
Otros	337	16.0	179	17.0	27	26.0	543	17
Total	2,072	100.0	1,045	100.0	103	100.0	3,220	100

<i>Calificación</i>	<i>Productos locales</i>		<i>Productos extranjeros</i>		<i>Servicios profesionales</i>		<i>Total</i>	
	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>%</i>
Graduados en informática	362	30.0	32	25.0	576	31.0	970	30.0
Graduados en otras carreras	162	13.0	25	20.0	219	12.0	406	13.0
Posgrados en informática	30	2.0	5	4.0	31	2.0	66	2.0
Otros posgrados	10	1.0	10	8.0	41	2.0	61	2.0
Estudiantes en informática	229	19.0	4	3.0	525	28.0	758	24.0
Estudiantes de otras carreras	4	0.0	0	0.0	61	3.0	65	2.0
Técnicos en informática	133	11.0	16	13.0	202	11.0	351	11.0
Otros	281	23.0	36	28.0	226	12.0	543	17.0
Total	1,211	100.0	128	100.0	1,881	100.0	3,220	100.0

Fuente: Chudnovsky, López y Melitsko, 2001. *Op. cit.*

Se destaca la calidad de los recursos humanos que tiene 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 empresarial privado y gubernamental.

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 demanda escasa 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 tienen como objetivo distribuir sus productos. En cambio, 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 de 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 entrar 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 las labores de investigación y asistencia técnica. En las universidades no se realiza 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 la provincia de Córdoba, es el que más ha avanzado 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 superiores 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 últimos cinco años.

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 actual-

mente se calculan 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,²⁵ que es un monto similar al de las exportaciones brasileñas a pesar de provenir de una economía 20 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, que representa 64.3%, de acuerdo con las cifras del año 2000 (Cuadro 35). 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.

Sin embargo, esa expansión traspasó la región más próxima. Se vende o utiliza software uruguayo, o profesionales del país realizan consultoría en informática en 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, y

²⁵ Los datos básicos socioeconómicos de Uruguay se encuentran disponibles en Internet en: www.iadb.org/int/spanisch/statchp.htm.

dichos mercados generan ingresos importantes para las empresas uruguayas de tecnologías de la información.

CUADRO 35
EXPORTACIONES 2000 POR PAÍSES/REGIONES DE DESTINO

<i>Países de destino</i>	<i>Exportaciones en Millones de U\$S</i>	<i>(%) del total exportado</i>
Argentina		
Colombia	50,0	45,0
Brasil	43,0	37,0
Chile	40,0	42,0
Perú	39,0	37,0
Otros Sudamérica*	32,0	32,0
Subtotal	22,0	21,0
Centro América y Caribe	18,0	16,0
México	16,0	14,0
Estados Unidos	15,0	11,0
Canadá		
Subtotal	49,0	50,0
España	48,0	50,0
Alemania	48,0	42,0
Otros Europa**	41,0	42,0
Subtotal	35,0	32,0
Israel	33,0	26,0
Filipinas	27,0	26,0
África***	14,0	11,0
Total	11,0	8,0

* Incluye: Paraguay, Bolivia, Ecuador y Venezuela.

** Incluye: Italia, Rusia y Moldavia.

*** Incluye: Sudáfrica y Kenya.

La expansión exportadora de esta industria del software se apoyó, en varios casos, en la creación de filiales o empresas asociadas en el exterior, lo que 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. *Op. cit.*).

En su mayoría, las firmas radicadas en el exterior se encuentran en América del Sur y, principalmente, en Argentina (Cuadro 36). Pero también hay empresas de esta naturaleza en México y Alemania.

CUADRO 36
INDUSTRIA URUGUAYA DEL SOFTWARE.
FILIALES O EMPRESAS ASOCIADAS EN EL EXTERIOR

<i>País</i>	<i>Número de filiales o asociadas</i>
Argentina	6
Colombia	1
Chile	2
Perú	1
Paraguay	1
	Subtotal
	11
México	2
Alemania	1
	Total
	14

Fuente: Encuesta de la Cámara Uruguaya de Tecnologías de la Información, dirigida por el economista 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 trabaja 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 3 000 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.

Para resumir, 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 aun incrementar el ritmo de crecimiento de esta industria.

De lo anterior se desprende que un importante número de profesionales se desempeñe 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. Sus empresas de software se han especializado en ciertos nichos, al alcanzar la excelencia y exportar a la región productos para pequeñas farmacias y casas de cambio.

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 de esta nación no cuenta aún con estándares internacionales de calidad, lo cual constituye una barrera de acceso a los mercados externos. Dichas empresas 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 a largo plazo para la expansión de las ventas.

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

d) Costa Rica

Costa Rica es otro de los países pequeños de América Latina, 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), educación primaria

y secundaria gratuitas; incluir computación y 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, 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 diseñada 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, y confirmó el potencial del país en esta industria. En la actualidad cuenta con dos plantas de desarrollo y un centro de distribución. 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 significó 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 más. 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).

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.

LA INDUSTRIA DEL SOFTWARE EN MÉXICO

Como se ha señalado en diversas partes de este trabajo, México todavía cuenta con una 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), 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 no cuenta con un apartado que permita contabilizar socialmente la magnitud de la producción nacional de ese tipo de software. Para efectos de las cuentas nacionales, la actividad productiva de software es considerada 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 aquéllos 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, 1996, 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 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 soft-

ware. En el punto 3 se presentan resultados más específicos de las 30 empresas encuestadas, 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 del estado de la piratería en el sector y por último se presenta el programa de gobierno para la industria mexicana del software.

FASES DE LA INVESTIGACIÓN

a) Primera fase: consistió en una 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; así es 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 Elec-

trónica 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 (DGS-CA) 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 70% del facturado de software a la medida en México y representan la parte más destacada de la industria desarrolladora de software en México.

DATOS GENERALES

a) Las tecnologías informáticas y de comunicación en México

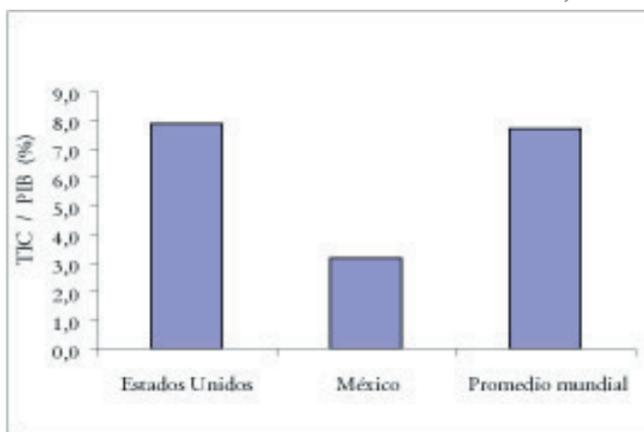
A la luz de las estadísticas existentes, México tiene un atraso en el uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones, pues ocupa el lugar 47 en la lista mundial de gastos en TIC (World Economic Forum, 2002) y destina a este rubro 3.2% del PIB (Secretaría de Economía). Esto significa que 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 de modo comparativo la inserción en gasto de inversión en tecnología de la información en México, y compararlo con la realizada en el ámbito 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 de 3.2% (Gráfica 5). De este total, sólo en tecnologías de la información el gasto en México representó 1.4%, en la Unión Americana, 5.3%; y en el mundo de 4.3%.

Sin embargo, a pesar de este bajo nivel, México exhibe un rápido crecimiento, 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 (Cuadro 37). 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.

GRÁFICA 5
INVERSIÓN Y GASTO TIC A NIVEL INTERNACIONAL, 2001



Fuente: Digital Planet: *The Global Information Economy*, 2001.

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 se cuenta 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 es el caso del gobierno federal que realizó concursos y adjudicaciones por más de 20 millones de dólares (Select, 2003).

CUADRO 37
 MERCADO Y CRECIMIENTO DE TIC EN MÉXICO
 (MILLONES DE \$US Y PORCENTAJES)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Mercado de tecnología de información y telecomunicaciones	11,496	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 2003.

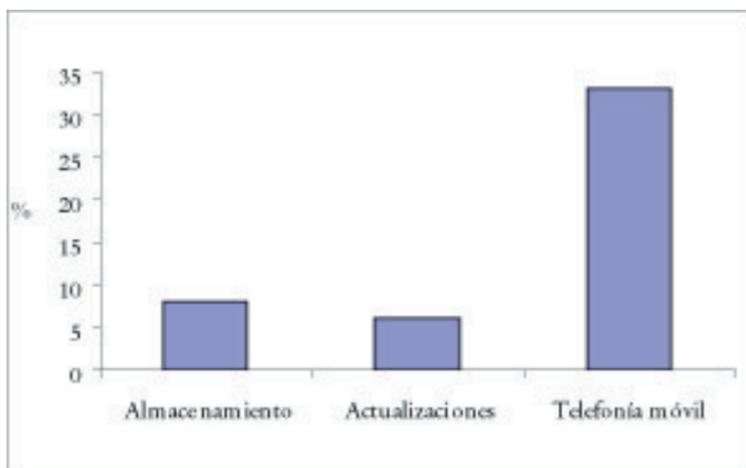
El resultado final de 2002 fue muy bajo respecto al 2001, debido a que algunas soluciones, tanto de infraestructura como de tipo empresarial, se retrasaron durante todo el año y en algunos casos se pospusieron para 2003. En ello incidieron tanto el precio de todos los tamaños de servidores, principalmente 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 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) (Gráfica 6).

GRÁFICA 6
MERCADO DE INFRAESTRUCTURA EN MÉXICO, 2003



Fuente: elaboración propia con datos de 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% (Select, 2003).

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 ser pequeña, cuenta con mayor

dinamismo dentro de las TIC. En 1995 el total de facturación de software en paquete representó 234.2 millones de dólares y llegó en el 2002 a 676.8 millones de dólares. Por su parte, el software desarrollado a la medida en 1995 facturó un total de 38.8 millones de dólares contra 160.5 millones de dólares para el 2002.

Se pudo 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 (Cuadro 38). 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.

A pesar de la importante facturación en sus distintas versiones, sobre software en paquete, existe en México un escaso desarrollo ya que 94% del mismo es de importación y sólo 6% es nacional. 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 39).

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 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 (Cuadros 40-41).

CUADRO 38
MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Software en paquete*	\$ 234.20	\$336,05	\$ 418.11	\$ 466.65	\$ 523.94	\$ 608.30	\$ 601.79	\$ 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.

CUADRO 39
MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE EN PAQUETE
(94% IMPORTADO Y SÓLO 6% ES NACIONAL)

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
SW en paquete	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	76,56
Colaboración					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
Admón. de Sist.					19,83	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
DSM	38,75	49,30	95,56	116,77	142,00	148,31	147,21	160,51
Mercado TIC	11.496	11.460	13.829	16.594	19.968	21.944	24.844	25.448
<i>Crecimientos</i>								
SW en paquete		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%
Colaboración						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%
Admón. de Sist.						34,2%	28,8%	10,6%
Seguridad						14,4%	15,4%	35,6%
Almacenamiento						48,2%	5,9%	19,0%
Acceso								
DSM		27,2%	93,8%	22,2%	21,6%	4,4%	-0,7%	9,0%
Mercado TIC		-0,3%	20,7%	20,0%	20,3%	9,9%	13,2%	2,4%

Fuente: elaboración propia con datos de Select, Mayo 2003

SW en paquete incluye aplicaciones, herramientas, seguridad e infraestructura

TIC incluye tecnologías de información y telecomunicaciones

Otras aplicaciones incluyen diseño como CAD/CAM

CUADRO 40
TENDENCIAS MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

	2003	2004	2005
Crecimiento SW en paquete	\$ 715.46	\$ 752.11	\$ 786.94
Crecimiento de software a 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 2003.

CUADRO 41
TENDENCIAS MERCADO DE DESARROLLO DE SOFTWARE

	2003	2004	2005
SW en paquete	5.7%	5.1%	4.6%
Desarrollo software a 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 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.

En el año 2003, AMITI identifica en México 206 compañías de software en total, divididas en microempresas, empresas pequeñas, medianas, grandes y corporativas (Cuadro 42).

CUADRO 42
TAMAÑO DE LAS EMPRESAS POR NÚMERO DE EMPLEADOS

<i>Estrato</i>	<i>Número de empleados</i>	<i>Número de empresas</i>
Micro empresa	1 a 14	63
Pequeña empresa	15 a 100	117
Mediana empresa	101 a 250	14
Grande empresa	251 a 1000	11
Empresas Corporativas	Más de 1000	1

Fuente: Amiti, 2003.

En relación con el 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 dentro 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 168.3 millones de dólares (Cuadro 43).

CUADRO 43
EMPLEADOS DE DESARROLLO Y PLANEACIÓN

<i>Sector</i>	<i>Servicios Públicos</i>	<i>VMK del Desarrollo Interno *</i>
Educación	857	7,4
Gobierno Estatal	11 049	95,5
Gobierno Federal	6 618	65,4
	18 524	168,3

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 (Cuadro 45) y el total de inversión de cada una de las firmas por segmento (distribución, finanzas, manufactura, proceso, servicios); además de las empresas que corresponden a cada segmento (Cuadro 44). 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.

CUADRO 44

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

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 45).

CUADRO 45
EMPLEADOS DE DESARROLLO, PLANEACIÓN, VALOR DE NÓMINA

<i>Número de empleados</i>	<i>Distribución</i>	<i>Finanzas</i>	<i>Manufactura</i>	<i>Proceso</i>	<i>Servicios</i>	<i>Servicios Públicos</i>	<i>VMK del desarrollo interno *</i>
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
Total	8.666	2.751	9.355	9.302	9.755	5.992	582,82

Fuente: elaboración propia con datos de Select, mayo 2003.

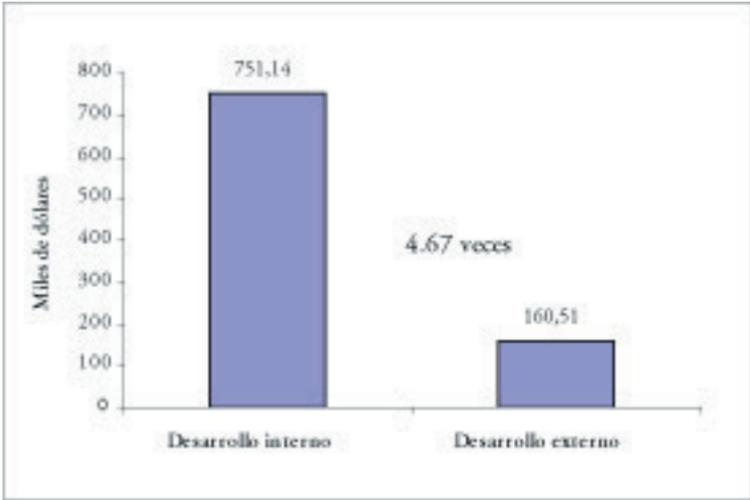
* VMK = Valor en millones de dólares.

El total de facturación en desarrollo de software interno (751.1 millones de dólares) muestra la enorme cantidad de software producido dentro de estas instituciones públicas (168.3 millones de dólares) y empresas del sector privado, (582.8 millones de dólares) cifras superiores al total de software a la medida, desarrollado en México por las empresas del sector especializado (Gráfica 7).

Esta producción cautiva es uno de los datos más relevantes de la investigación, ya que muestra una industria del software difusa y poco especializada. Su descentralización debería darse, por una parte, hacia los sectores empresarios especializados y,

por otra, hacia la especialización con sistemas de software libre y abierto.

GRÁFICA 7
DESARROLLO INTERNO VS DESARROLLO EXTERNO



Fuente: elaboración propia con datos de Select, 2003

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

a) Empresas que conformaron la muestra

Como se menciona en los párrafos anteriores, la encuesta y las entrevistas a profundidad se aplicaron a 30 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
Ddemesis
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
Softtek
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 (Cuadro 46)

CUADRO 46
AÑO DE CREACIÓN DE LAS EMPRESAS POR ORDEN CRONOLÓGICO

<i>Empresa</i>	<i>Año de creación</i>
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
Práxis	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
CD Media Soluciones	2002
Ddemesis	2002
EDS	No contestó

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

c) *Tamaño*

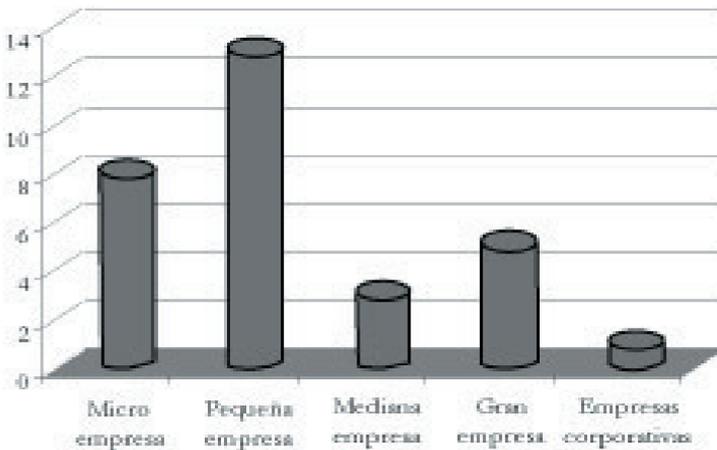
Según los resultados obtenidos de la encuesta, las empresas desarrolladoras de software a medida se dividen, según el número de empleados (Cuadro 47), (Gráfica 8). En cambio, según la facturación de las firmas relevantes, su tamaño se configura de manera distinta (Cuadro 48), (Gráfica 9).

CUADRO 47
TAMAÑO DE LAS EMPRESAS POR NÚMERO DE EMPLEADOS

<i>Estrato</i>	<i>Número de empleados</i>	<i>Número de empresas</i>
Microempresa	1 a 14	8
Pequeña empresa	15 a 100	13
Mediana empresa	101 a 250	3
Gran empresa	251 a 1000	5
Empresas corporativas	Más de 1000	1

Fuente: elaboración propia con la colaboración Select, Mayo 2003

GRÁFICA 8
TAMAÑO DE LAS EMPRESAS POR NÚMERO DE EMPLEADOS



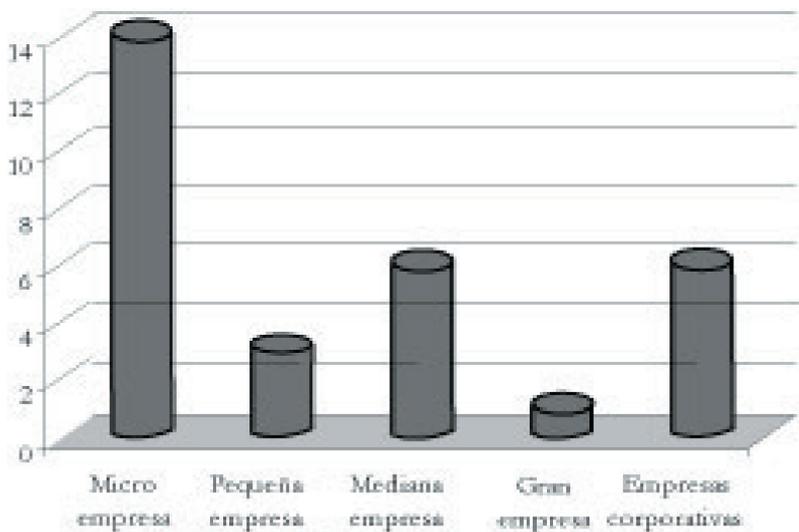
Fuente: Cuadro 48

CUADRO 48
TAMAÑO DE LAS EMPRESAS SEGÚN SU FACTURACIÓN

<i>Estrato</i>	<i>Millones de US \$ anuales</i>	<i>Número de empresas</i>
Microempresa	Menos de 1	14
Pequeña empresa	Entre 1 y 2	3
Mediana empresa	Entre 2 y 5	6
Gran empresa	Entre 5 y 15	1
Empresas corporativas	Más de 15	6

Fuente: elaboración propia con la colaboración Select, Mayo 2003.

GRÁFICA 9
TAMAÑO DE EMPRESAS SEGÚN SU FACTURACIÓN (MILLONES DE US\$)



Fuente: Cuadro 49

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 236.6 millones de dólares, lo cual representa 71% de la facturación total en el mercado de software a medida (Cuadro 49).

CUADRO 49
FACTURACIÓN Y EXPORTACIÓN EN EL MERCADO DE SOFTWARE A LA MEDIDA

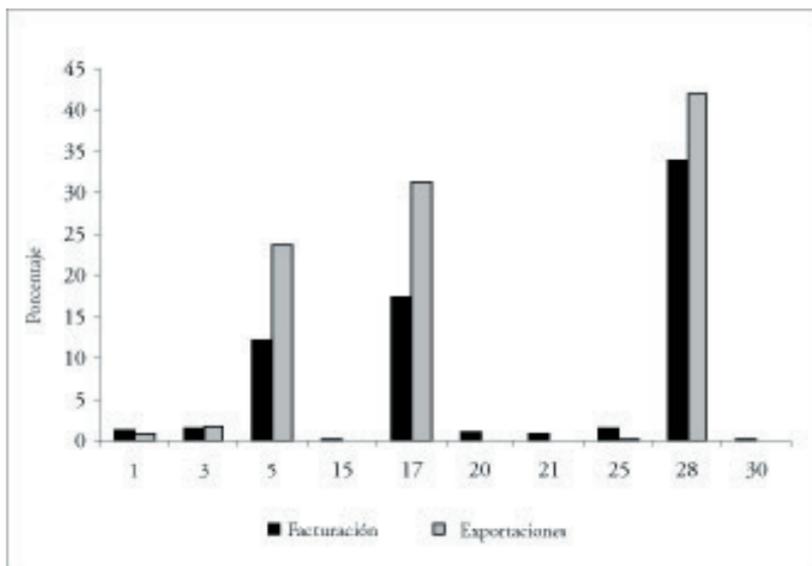
<i>Empresa</i>	<i>Facturación anual 2002 *</i>	<i>%</i>	<i>Facturación al extranjero anual</i>	<i>%</i>
Adam Technologies	2,95	1,25	1,16	0,95
CD Media Soluciones	0,00	0,00	0	0,00
Certum	3,44	1,45	2	1,64
Consultores Profesionales	0,04	0,02	0	0,00
Ddemesis	28,90	12,21	28,9	23,71
Desarrollo en Sistemas 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
Total	236,65	100,00	121,91	100,00

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

Nota *: datos en millones de USD

Varias firmas encuestadas no quisieron suministrar sus datos de exportaciones. En la insuficiente información obtenida, se pueden encontrar también significativas diferencias entre las empresas. El total asciende a 121.9 millones de dólares en el año 2002, lo que hace un total sin facturación al extranjero de 114.8 millones de dólares (Gráfica 10).

GRÁFICA 10
10 EMPRESAS QUE REGISTRAN VENTAS AL EXTRANJERO



Fuente: elaboración propia con datos de Select, 2003

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 (Cuadro 50).

CUADRO 50
PERSONAL ADMINISTRATIVO Y TÉCNICO CONTRATADO
EN EL MERCADO DE SOFTWARE A LA MEDIDA

	<i>Personal administrativo</i>	<i>Técnico</i>
Adam Technologies	15	98
CD Media Soluciones	3	4
Certum	7	60
Consultores Profesionales	1	7
Ddemesis	25	590
Desarrollo en Sistemas de Informática	3	18
Desarrollos computacioales de México	8	3
Dipros	4	11
EDS	39	620
Esiglo	10	80
GGS	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
Kíven	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
Total	468	3 815

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 56.3 millones de dólares, lo cual representó 26.8% del mercado. También se encontró una alta orientación del mercado hacia las empresas de informática y telecomunicaciones, que registró 41.9 millones de dólares de facturación, cifra casi similar a la de los seguros y servicios financieros: 41.5 millones de dólares. En menor medida se dio la participación del gobierno, con un total de 16.5 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 6.3 millones de dólares, equivalente a 3% del mercado (Cuadro 51).

CUADRO 51
PRINCIPALES MERCADOS A LOS QUE SE DESTINA EL DESARROLLO
DE SOFTWARE A LA MEDIDA EN MÉXICO, 2002

<i>Mercados</i>	<i>Total facturación por sector *</i>	<i>%</i>
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 canal 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 por medio de sus propios empleados. Esto se encuentra en relación directa con la escasa orientación exportadora del subsector. En cambio, la subcontratación es poco utilizada por este tipo de empresas. Son escasas las firmas que usan Internet como vehículo de comercialización de sus productos.

g) Herramientas de desarrollo

i) Lenguajes

Los lenguajes de programación son las herramientas básicas para la producción de software. Tradicionalmente eran conocidos como lenguajes procedimentales (una serie de ór-

denes 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 (Cuadro 52), 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 en unión con éstos se desarrolló un nuevo modelo: 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 objetos²⁵ de los cuales el programa se ocupa, definiendo propiedad y comportamientos y estableciendo entre ellos vínculos y jerarquías. Entre estos lenguajes de programación orienta-

²⁵ 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 puede describirlos de manera completamente independiente.

dos 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.

CUADRO 52
LENGUAJES MÁS UTILIZADOS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE
A LA MEDIDA EN MÉXICO, 2002

<i>Lenguajes</i>	<i>Total de horas hombre</i>	<i>%</i>
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 Basic	3 333	29,8
C#, Java, JavaScript, HTML/XML	3 978	35,6
*Otros	522	4,7
Total	11 171	

Fuente: Select, Mayo 2003.

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

La introducción del lenguaje Java²⁶ 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 Word 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,

²⁶ Java debe su nombre a una variedad de café producido en la homónima isla de Indonesia.

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 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 (Cuadro 52), 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.

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 adopta 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 XP), desarrollado por Microsoft y basado en un plano de trabajo (*desktop*) organizado en ventanas (*Windows*). Su uso está muy extendido, al grado que 80% de las computadoras personales operan con Windows de Microsoft.

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 PC 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 y 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 3938 horas hombre utilizadas para su construcción (Cuadro 53). 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 2709 horas hombre usadas para su construcción. Entre sus distintas versiones, Linux representa 6.2% del total, con el uso de 696 horas hombre (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 1125 horas hombres para su construcción. También un importante número de empresas (14.1%) utiliza OS/390, VM, VMS, VSE, Wang VS, con un total de horas de 1589 para su construcción. Se observa, por otro lado, una cantidad relativamente baja de empresas que usa sistemas operativos ya fuera de uso o superados por otros sistemas (Cuadro 53).

CUADRO 53
SISTEMAS OPERATIVOS MÁS ACTUALIZADOS PARA DESARROLLO
DE SOFTWARE EN MÉXICO, 2002

<i>Sistemas Operativos</i>	<i>Total de horas hombre</i>	<i>%</i>
OS/390, VM, VMS, VSE, Wang VS	1.589	14,1%
MVS, OS/400	871	7,7%
Macintosh, MS-DOS, Windows x/x	256	2,3%
MacOS 8/X, Windows 9x/me	1.125	10,0%
Linux	697	6,2%
Unix	2.709	24,1%
Windows NT/2000	3.938	35,0%
*Otros	53	0,5%
Total	11.238	

Fuente: Select, Mayo 2003.

* Otras incluye: todas las plataformas Windows, SO de SmartCards, MS DOS.

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: 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, 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 información 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, y 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 tec-

nológica y el dinamismo local y regional; su implantación tiende a ganar importancia, sobre todo en las dos décadas recientes, como opciones que adopten los actores locales y regionales para poder insertarse de manera más estratégica en la actual economía mundial, altamente competitiva, globalizada e informacional. En este concepto se destacan las capacidades para desarrollar nuevas tecnologías y conocimientos, y 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 y largo plazo, y resulta difícil adaptarlos a las características de cada situación o adoptar acciones estandarizadas tomándolos como ejemplos. Estas condiciones se deben de 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 del gobierno federal y de los gobiernos 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 concep-

to 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 comprometen 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 implican 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 las necesidades 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 (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 2500 personas, con una productividad promedio de 23 mil dólares (Ruiz Durán, 2002: 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 (*Ibid.*: 10).

En Monterrey se encuentra la transnacional más importante en México: la empresa Softtek.

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 con-

formaban, se consideró la necesidad de reorientar esta actividad para hacerla prioritaria en la generación de nuevos empleos y constituirla en 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 IBM. 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 a los 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 años noventa muchos de ellos iniciaran sus propios negocios de software (*Ibid.*: 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

²⁷ 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).

soluciones. Para ello comprometió a 11 instituciones académicas,²⁷ en las cuales más de 40 profesores han formado a 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 donde 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, 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, 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 vanguardistas. 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 a que la empresa mantenga su seguimiento de la actividad de formación de técnicos y profesionales, y para que la academia conozca sus demandas y requerimientos, 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 propuesta en México con el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software, se lleve a la práctica, al dotar a las diversas

concentraciones señaladas de las ventajas promocionales que se estimen más convenientes.

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 (como entornos de trabajos y computadoras personales y aplicaciones como plantillas de cálculo, procesadores de palabra, software recreativo, etc.) es constante, pues estos 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),²⁸ 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 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%.

²⁸ La Business Software Alliance (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.

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 cual 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 Autor²⁹ en México, se pretende 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 Mensajes de Datos y están en proceso leyes en materia de factura electró-

²⁹ Ley Federal del Derecho de Autor, publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 24 de diciembre de 1996.

nica, 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.

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,³⁰ 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 partida 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).

³⁰ 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.

En la actualidad, el Programa para el Desarrollo de la Industria de Software (PROSOF) 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 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 PROSOF cuenta con participación académica, de la industria local e internacional, así como de las dependencias de gobierno relacionadas, 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) Promover la unión de esfuerzos de las capacidades existentes para el desarrollo de software.
- h) Favorecer 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) 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, entre otros.

Según una evaluación de la Secretaría de Economía (julio 2003) se han llevado a cabo tareas para atender las siete estrategias que integran el programa, mediante 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 productivos los esfuerzos por realizarse de 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 que estos recursos intangibles se utilicen para conformar un patrón de desarrollo sostenible en el largo plazo.

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 pequeña, 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 (empresas de distribución, finanzas, manufacturas, procesos y servicios, federal y estatal, educación), incluso con cifras superiores al total del software desarrollado por las empresas especializadas, explica la escasa autonomía, el poco dinamismo y la baja innovación prevalecientes 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 exigua orientación comercial de las empresas, su debilidad en materia de calidad, así como por su entorno (reducido

financiamiento, limitado 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 limitadas 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.

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 que la economía en su conjunto no sufra grandes reveses, así como del aumento de la demanda inter-

na 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, ya que el mercado nacional aún se encuentra en proceso de permanente redefinición, tanto en el ámbito de las exportaciones como del mercado interno.

4

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 producción³¹ (Boscherini y Poma, 2000) de software y las distintas etapas (comúnmente llamadas fases o partidas) de su gestión. Otro objetivo se refiere a 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 deberán responder a los procesos y parámetros establecidos, con el propósito de lograr competitividad, y a pesar de ser una tendencia que brega por afirmarse en el sector, son pocas las empresas en el nivel internacional y de menor manera en América Latina, y en México en particular, que logran procesos de

³¹ Estos autores 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.

calidad y su correspondiente certificación. Por último se aborda el tema de los trabajadores del conocimiento, puesto que son a 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, ya que 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).

LAS CARACTERÍSTICAS DE UN NUEVO MODELO DE ORGANIZACIÓN

Algunos expertos en la ciencia del *management* (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 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 (Fomenti, 2002).³²

De hecho, la empresa de software representa el modelo más acabado de empresa posfordista,³³ caracterizada por la introduc-

³² 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, al poner 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, etcétera.

ción 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 XX, 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, 2002). La producción de masa estandarizada y la organización científica del trabajo sufrieron transformaciones irreversibles.

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, fundado en el “capital intelectual” (Stewart, 1997), 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.

³³ 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.

A pesar de la gran importancia que tuviera, por ejemplo, la empresa IBM, la cual se involucró en estos cambios de organización, no obstante, 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 prevaleciente 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 computadoras *mainframe*, e ignorando las perspectivas del consumo de masa de las tecnologías informáticas, que ocasionó la invención de la PC. Microsoft capitalizó 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.

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 100 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, 1999). 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).

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 cada vez mayor. 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 de 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 la importancia está puesta 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 las empresas 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,³⁴ 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 Mils 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

³⁴ Arquitectura flexible del producto significa que pueden incorporarse, con el tiempo, nuevas funciones al programa en elaboración.

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

Huelga destacar que en la producción de software intervienen específicamente, diversos actores. Para el 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 dentro 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, 1998: 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 (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 éste 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

trasmitir 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, así se genera 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, 1999). Esto se debe a que, en la medida en que más clientes adquieren y utilizan el producto, otros conocen sus ventajas y se interesan también. 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 estandarizados.

Una peculiaridad más de destacarse en 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, lo que trae 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. 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 (Hoch, *op.cit.*, 1999).

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, 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.

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, analizamos 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 está perdiendo importancia relativa, ya que la venta de software se hace cada vez más 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 me-

joramiento 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 y 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: 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: 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 más uso y reconocimiento internacional. Se trata de un marco de trabajo que permite establecer, mejorar y medir la madurez del proceso (Zubrow, Hayes, Siegel y 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 *et al.*, 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,³⁵ y ulteriormente mejorado bajo la dirección de Paulk (1993). 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.³⁶ 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 para realizar el seguimiento de cos-

³⁵ 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.

³⁶ En realidad, el nivel 1, llamado inicial, corresponde a una organización en la 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.

tos, tiempo y funcionalidad alcanzada en la mayoría de los proyectos de la organización. 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.
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 de que se dispone en 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 y 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 54, 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, como ocurrió con las normas ISO (López, 2003) (Cuadro 54).

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 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 (Cuadro 55).

CUADRO 54
NÚMERO DE EMPRESAS CALIFICADAS CON BASE EN EL MODELO CMM
HASTA SEPTIEMBRE DE 2002

<i>Nivel</i>	<i>Número de empresas</i>	<i>Número de Certificaciones</i>	<i>Países</i>				
			EE.UU	India	Japón	Canadá	Brasil
2	56	58	38	0	8	2	2
3	122	126	85	12	5	2	3
4	71	80	29	41	1	1	0
5	82	100	30	62	1	1	0
Total	331	364	182	115	15	6	5

<i>Nivel</i>	<i>Países</i>						
	China	México	Singapur	Rusia	Australia	Francia	Alemania
2	2	0	0	0	0	0	0
3	0	4	1	0	0	1	2
4	0	0	1	1	2	1	0
5	2	0	1	1	0	0	0
Total	4	4	3	2	2	2	2

<i>Nivel</i>	<i>Países</i>						
	Corea	Dinamarca	España	Italia	Malasia	Polonia	Israel
2	0	1	1	0	0	0	0
3	2	1	1	2	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1
5	0	0	0	0	1	1	0
Total	2	2	2	2	1	1	1

CUADRO 54 (continuación)
 NÚMERO DE EMPRESAS CALIFICADAS CON BASE EN EL MODELO CMM
 HASTA SEPTIEMBRE DE 2002

Nivel	Países						Países Bajos
	Irlanda	Vietnam	Austria	Barbados	Filipinas	Inglaterra	
2	0	0	1	0	0	1	0
3	0	0	0	1	1	0	1
4	1	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0
Total	1	1	1	1	1	1	1

Nivel	Países			
	Puerto Rico	Sudáfrica	Thailandia	Taiwán
2	0	0	1	1
3	1	1	0	0
4	0	0	0	0
5	0	0	0	0
Total	1	1	1	1

Fuente: elaboración propia con base en información del Software Engineering Institute (SEI).

CUADRO 55
 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	sí	sí	no	no	no
Austria	Menos de 10					
Barbados	Menos de 10					
Bélgica	Menos de 10					
Brasil	15	sí	sí	sí	no	no
Canadá	47	sí	sí	sí	no	no
Chile	Menos de 10					
China	18	no	sí	sí	no	sí
Colombia	Menos de 10					
Dinamarca	Menos de 10					
Egipto	Menos de 10					
Finlandia	Menos de 10					
Francia	103	sí	sí	sí	sí	no
Alemania	21	sí	sí	sí	no	no

CUADRO 55 (continuación)
 NÚMERO DE EVALUACIONES Y NIVELES DE MADURACIÓN
 REPORTADOS AL SEI POR PAÍS

<i>País</i>	<i>Nº de evaluaciones reportadas</i>	<i>Nivel 1 de maduración reportado</i>	<i>Nivel 2 de maduración reportado</i>	<i>Nivel 3 de maduración reportado</i>	<i>Nivel 4 de maduración reportado</i>	<i>Nivel 5 de maduración reportado</i>
Grecia	Menos de 10					
Hong Kong	Menos de 10					
Hungría	Menos de 10					
India	153	sí	sí	sí	sí	sí
Irlanda	Menos de 10					
Israel	27	sí	sí	sí	no	no
Italia	21	sí	sí	sí	no	no
Japón	46	sí	sí	sí	no	sí
Corea, Rep. de	Menos de 10					
Malasia	Menos de 10					
México	Menos de 10					
Países Bajos	12	sí	sí	sí	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	sí	sí	sí	no	sí
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	sí	sí	sí	no	no
EE. UU	1.498	sí	sí	sí	sí	sí
Venezuela	Menos de 10					

Fuente: Software Engineering Institute (SEI).

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

La implementación de la norma ISO 9001:2000 daría lugar a distintos procesos de software (Cuadro 56)

De particular relevancia es la ISO 9000-3,³⁷ que repropone los principios de la ISO 9001 adaptándola específicamente al mundo del software (UNI en ISO 9001, 1994). La ISO 9001 es la norma omnicompreensiva, 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: 98-100; Seddon, 1998: 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: 110-111; Coster, 1998: 2).

³⁷ La ISO 9003-3 se divide en tres partes principales:

- 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.

CUADRO 56
 PROCESOS DE SOFTWARE Y REQUISITOS DE ISO 9001:2000

<i>N^a</i>	<i>Nombre del requisito</i>	<i>Proceso de software</i>
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 los Requisitos (Adquisición)
7,2,2	Revisión de los requisitos relacionados con el producto	Gestión de los Requisitos
7,2,3	Comunicación con el cliente	Gestión de las 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 de 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 y V e Inspecciones. Gestión de Configuración de Software
7,3,5	Verificación del diseño y desarrollo	Revisiones V y V e inspecciones. Pruebas. Gestión de Configuración de Software
7,3,6	Validación del diseño y desarrollo	Revisiones V y 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 y Configuración de Software. Suministro (Bienes del Cliente). Distribución (Conservación del Producto hasta la Entrega)
8,2,2	Auditoría interna	Auditoría
8,3	Control del producto no conforme	Control de Producto no Conforme
8,5,2		
8,5,3	Acción correctiva y Acción preventiva	Acciones Correctivas y Acciones Preventivas

Fuente: Cuevas Agustín, Gonzalo, coord. (2002). *Gestión del Proceso de Software*. Tabla 8.1.

Madrid, Ed. Centro de Estudios Ramón Areces, S.A. p.101.

* Verificación y Validación.

Una investigación realizada en 1992 (Bazzana, Briigliadori, Andersen y Jokela, 1993; Bazzana, Giunchi, Rumi y 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;
- La evaluación de un producto de software es mejor cuando va acompañada de una evaluación del proceso de desarrollo, puesto que la primera sin la segunda, 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 apuntan a: 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,³⁸ 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, vinculado a la micro y pequeña empresa, que sea fácil de enten-

³⁸ 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.

der y comprensible, que se defina como un conjunto de procesos prácticos y fáciles 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 (Oktaba y otros, 2002). La diferencia con el CMM internacional y la necesidad de crear una 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 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 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 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 (*Ibid.*, 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 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, 2003). 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. Sin embargo, 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.

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 sólo 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 éxito 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”, térmi-

no 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 “rutinizarse” 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 2 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% con respecto al resto de los sectores de Estados Unidos (1.6%) (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). 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).

La formación de los trabajadores del conocimiento en México

En la muestra de las 30 empresas desarrolladoras de software a la medida, se puso en evidencia que en México los perfiles que demanda esta industria, a grandes rasgos pueden definirse así: 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. Se encuentra en el mercado mucha oferta de licenciados en computación y sistemas, pero poquísimo personal con niveles de maestría y doctorado. A su vez, los directores del sector nos han señalado que se invierte mucho dentro 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 las profesiones de informática y computación ha sido constante desde 1971 cuando se contaba con sólo seis graduados, en 1985, 1 245 graduados, en 1995 con 10 444 graduados y en 2001 con 18 040, de los cuales 10 292 son hombres y 7 748 mujeres. Es decir para el año 2001 se han logrado acumular 144 212 egresados (Cuadro 57), 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 100 millones (Ellerbracke y Lomelí Mijes, 2003). 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 es necesario hacer divisiones. En Estados Unidos han egresado en 2001, 15 141 doctores y en México 61. 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, en la encuesta reciente citada en este trabajo, Brasil daba un promedio de tres posgraduados por firma en el sector de software y servicios informáticos, el doble de Argentina que cuenta con 2% del empleo total con posgrados en informática, y con posgrados en general representan 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, 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 está orientada a cumplir con 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 profesionistas jóvenes. A la vez, más de la mitad de las empresas encuestadas informaron haber tenido problemas con el acceso a personal capacitado, y algo más de un cuarto señaló 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, para enfrentar la nueva demanda de calificaciones que sobrevendrá con el desarrollo de tecnología de punta.

Como hemos visto, en este nuevo escenario de la economía del conocimiento, 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 la 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 donde se combinen equilibradamente estrategias de formación inicial y masiva, y, al mismo tiempo, aptitudes sociales, saberes fundamentales y dominio de las tecnologías más innovadoras (Cuadro 57).

CUADRO 57
 PRIMER INGRESO, ESTUDIANTES, EGRESADOS Y TITULADOS DE LICENCIATURA EN INFORMÁTICA Y COMPUTACIÓN EN MÉXICO.
 EGRESADOS DE COMPUTER SCIENCE EN ESTADOS UNIDOS,
 POR AÑO Y GÉNERO, 1969-2001

Año	México								
	Nuevo ingreso			Estudiantes			Egresados		
	H	M	Total	H	M	Total	H	M	Total
1966									
1967									
1968									
1969									
1970									
1971			118						6
1972			239						10
1973			318						50
1974			362						57
1975			874						38
1976			807						65
1977			1.067	1.921	523	2.444			132
1978			1.261	2.915	842	3.757			121
1979			1.246	3.158	904	4.062			156
1980			1.773	4.428	1.362	5.790			354
1981			2.133	5.761	1.895	7.656			513
1982			2.729	7.050	2.746	9.796			749
1983			3.502	8.718	3.673	12.391			923
1984			4.465	11.357	5.812	17.169			862
1985			5.351	13.931	7.474	21.405			1.245
1986			7.783	19.413	10.319	29.732			1.589
1987			10.161	22.823	13.277	36.100			1.698
1988			10.493	26.346	16.084	42.430			2.340
1989			13.422	31.602	20.734	52.336			3.518
1990			15.231	38.923	25.978	64.901			3.823
1991			16.381	41.745	28.190	69.935			5.004
1992			17.044	45.178	32.321	77.499			6.665
1993			19.843	48.614	34.225	82.839			8.546
1994			21.697	53.011	37.816	90.827			9.036
1995			24.285	58.011	41.129	99.140			10.444
1996	15.991	10.580	26.571	64.223	44.088	108.311	6.710	5.189	11.899
1997	19.576	12.627	32.203	72.898	48.047	120.945	7.269	5.579	12.848
1998	23.344	14.273	37.617	82.158	52.294	134.452	7.777	6.084	13.861
1999	26.028	15.873	41.901	92.541	59.085	151.626	8.041	5.787	13.828
2000	28.804	16.637	45.441	101.142	62.479	163.621	9.129	6.663	15.792
2001	31.614	18.560	50.174	112.051	69.491	181.542	10.292	7.748	18.040
Suma	145,357	88,550	416,492				49,218	37,050	144,212

Licenciatura

CUADRO 57 (CONTINUACIÓN)

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

Año	México			Estados Unidos		
	Titulados			Egreso		
	H	M	Total	H	M	Total
1966				76	13	89
1967				198	24	222
1968				404	55	459
1969				812	121	933
1970				1.345	199	1.544
1971				2.064	324	2.388
1972				2.941	461	3.402
1973				3.665	640	4.305
1974				3.977	780	4.757
1975				4.083	956	5.039
1976				4.540	1.124	5.664
1977				4.887	1.539	6.426
1978				5.360	1.864	7.224
1979				6.306	2.463	8.769
1980				7.814	3.399	11.213
1981				10.280	4.953	15.233
1982				13.316	7.115	20.431
1983				15.690	8.992	24.682
1984				20.369	12.066	32.435
1985				24.690	14.431	39.121
1986				27.069	15.126	42.195
1987				26.038	13.889	39.927
1988				23.543	11.353	34.896
1989				21.418	9.545	30.963
1990				19.321	8.374	27.695
1991			1838	17.896	7.514	25.410
1992			2392	17.748	7.210	24.958
1993			3060	17.629	6.951	24.580
1994			4220	17.533	7.020	24.553
1995			4805	17.706	7.063	24.769
1996	2895	2635	5,530	17.773	6.772	24.545
1997	3524	2962	6,486	18.490	6.903	25.393
1998	3497	2792	6,289	20.235	7.439	27.674
1999	3835	3061	6,896	23.574	8.956	32.530
2000	4402	3754	8,156	26.914	10.474	37.388
2001	5189	4449	9,638			
Suma	23,342	19,653	59,310	445,704	196,108	641,812

Fuente: Anuarios Estadísticos de Población de Licenciatura de ANUIES, y Hill, S.T. (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.

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 en el ámbito 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 que ha presentado un panorama nuevo y diversificado dentro del mundo de las tecnologías de la información y la comunicación. Países 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 periodos históricos, sin embargo, es una historia que en 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) por parte de IBM, a inicios de los años ochenta fue el hecho histórico que transformó el uso orientado hacia las grandes empresas que hasta el momento tenían las computadoras y abrió 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 suceso 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 es la IBM la empresa que acompañó el desarrollo de la computadora en todo este proceso. Pero será Microsoft la empresa que capitalizará estos saltos cualitativos y que le dará 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”.

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, 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 Hewlett-Packard están trabajando con proyectos que incorporarán a Linux.

El advenimiento y desarrollo de Internet volverá a revolucionar nuevamente esta industria, y permitirá 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 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 se han sido analizado los casos más exitosos citados como India, Irlanda e Israel, y algunos países de América Latina: Brasil, Argentina, Uruguay, Costa Rica y México. Podemos concluir que 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 sus exportaciones como el detonante del crecimiento. En América Latina, el cuadro se muestra más complejo, ya que tanto Brasil como Argentina han centrado su desarrollo en el mercado interno, e iniciado en forma parcial y reciente el proceso exportador. Uruguay y Costa Rica, por su parte, 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 adaptada (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 fue quien incentivó la formación de personal de alto nivel de calificación en instituciones de excelencia. Este es uno de los fac-

tores de mayor peso en cuanto al éxito alcanzado 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 y exenciones, entre otros estímulos. En Israel por ejemplo, tuvo un rol destacado el desarrollo del 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, en India los resultados 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, y en la mayoría de los países de la región todavía no existe un cuadro normativo adecuado sobre la materia ni 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 hay recursos disponibles 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.

Entre los países de industrialización tardía, India se destaca por sus exportaciones. Más de 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 al 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 donde se realizaban los trabajos; por lo tanto, la actividad de software orientada exclusivamente a la exportación se concentró en el rubro de “servicios profesionales”. El destino fundamental de éstas es Estados Unidos (58%), luego, sigue Europa (principalmente al Reino Unido) con 21% y Japón y otros países del sudeste asiático con alrededor de 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 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 por 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 38% y 37% va dirigido 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, como el segmento bancario, las telecomunicaciones y la infraestructura energética. Otra característica importante de la producción en Brasil es el mercado de software a la medida y software embebido, y ha 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 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 Africa. Más de 70% de las empresas locales exportan software a estos países

en 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 6 000. La industria genera un total de 400 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 mil trabajadores. Israel factura 4 100 millones de dólares, cuenta con 400 empresas de software que emplean unas 15 mil 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 mil personas. Brasil comercializó en el 2001, 3 883 millones de dólares. Cuenta con 2 398 empresas desarrolladoras de software (no incluye los servicios informáticos) y empleó para todo el sector de 121 mil a 158 mil 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 2 500 a 3 mil personas. Costa Rica si bien no pudimos recabar datos de su facturación, sabemos que cuenta con 150 empresas que se 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 676.8 millones de dólares y la facturación del software a la medida para la misma fecha, alcanzó los 160.5 millones de dólares. A este rubro podemos agregarle que en concepto de exportaciones se facturó 121.9 millones de dólares. Asimismo cabe señalar que 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 no son muchas 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 como educación, gobierno federal, estatal, empresas de mercado (manufactura, distribución, finanzas, procesos, servicios). El total de facturación de este sector es de 751.1 millones, cifras muy superiores al total facturado por software a la medida desarrollado en México por las empresas del sector especializadas, que es de 160.5 millones. Representa 4.7 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:

En su mayoría las empresas encuestadas son relativamente jóvenes. Si bien algunas ya desarrollaban software en la década de los ochenta, el *boom* se concentra en la década de los noventa, continuando hasta nuestros días.

Estas 30 empresas están compuestas en su mayoría, si las medimos por número de empleados en 13 pequeñas y ocho micros; de acuerdo a su facturación sobresalen 14 micro, seis medianas y seis 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 236.6 millones de dólares, lo cual representa 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 121.9 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, Sofftek y Ddemiesis por una parte, y en la otra, gracias a la gran producción de software cautivo por los sectores no especializados, mencionado anteriormente, los que 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 dedicar a la formación de recursos humanos dentro de sus propias empresas.

Considerando la actividad principal de las firmas, de los resultados obtenidos se observa 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 35.6% de los casos. Oracle, Developer, Power Builder y Visual Basic se usan en 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 por desarrollar, así como 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 en México existe un claro predominio de la plataforma Windows en sus recientes versiones NT/2000 con 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 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 en el nivel internacional y sobre la compleja situación del sector en México.

1. Sobre la competitividad del sector en el nivel internacional

La principal fortaleza de las empresas desarrolladoras de software es la innovación y calidad de sus productos. Para poder competir en el ámbito internacional, y en menor escala en el 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 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 profesio-

nales 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 opera en el sector tanto en el 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 hispanoparlante; y (c) 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 sólo 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 dentro de las mismas, a diferencia por ejemplo de lo que existe en Brasil, 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 sólo en el 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, lo que incluye a la pequeña y mediana empresa (las actuales licitaciones están muy diseñadas para que sólo las logren firmas de gran tamaño). Para ello se hace necesario modificar la forma en que se hacen las compras

del gobierno, como paquetes completos que incluyen software, hardware, servicio, etc., contribuyendo aún más a favorecer a las grandes firmas. Junto a este proceso de descentralización de la producción se necesita aumentar los niveles de especialización en el ámbito del software libre o de código abierto, ya que implicaría mayor eficiencia y ahorro del sector público. Al mismo tiempo el impulso en todos los ámbitos de la economía del software embebido e incrustado, no sólo haría crecer al sector, sino que la industria del software se transformaría en un importante factor de innovación y modernización de la economía en su conjunto.

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, al aprovechar 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 lo efectúan hoy exclusivamente unas pocas grandes empresas transnacionales, 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 en el 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 la 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 en el ámbito 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.

OBRAS CONSULTADAS

- Asociación Mexicana de la Industria de Tecnología de la Información (2003). *La Industria del Software en México*. Presentación de Alonso Carral, presidente.
- _____ (2001). *La Industria del Software en México. Perspectivas*. Presentación en Power Point. www.amiti.org
- Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior (2002), *Anuario Estadístico 2001. Población escolar de posgrado*. México, ANUIES. p. 380.
- Anchordoguy, Marie (2000). “Japan’s Software Industry: A Failure of Institutions?”. *Research Policy*, vol. 29, núm. 3. pp.391-408.
- _____ (1989). *Computers Inc. Japan’s Challenge to IBM*. Boston, Harvard University Press.
- Arora, Ashish (2002). “The Indian Software Services Industry”. Documento en internet: 991231302.pdf. Consultado el 16/06/2002
- Baba, Yasunori *et al.* (1996). “The User-Driven Evolution of the Japanese Software Industry: The Case of Customized Software for Mainframes”. En: Mowery, D.C., ed. *The International Computer Software Industry*. Nueva York, Oxford University Press. pp.104-130.
- _____ *et al.* (1995). “The Japanese Software Industry: The ‘Hub Structure Approach’”. *Research Policy*, núm. 24. pp.473-486.
- Banco Interamericano de Desarrollo/Fondo Multilateral de Inversiones. *Programa de Desarrollo Empresarial de la Industria del Software*. (TC-99-10-05-6-UR). Uruguay.

- Bancomext (2001). *Industria del Software. Análisis y Recomendaciones 2001*. Abril.
- Band, Jonathan y 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*. México, Porrúa.
- Bazzana, G.C. *et al.* (1993). "ISO 9126 and ISO 9000. Friends or Foes?". En: *Proceedings of IEEE Software Engineering Standards Symposium*. Brighton.
- _____ *et al.* (1995). "Improving Software Quality through Quantitative Evaluation of Products and Processes". En: *Proceedings of ISCN Conference*. Viena.
- Bitzer, J. (1997). *The Computer Software Industry in East and West: Do Eastern European Countries Need a Specific Science and Technology Policy?* Buenos Aires, Deustches Institut for Wirtschaftsforschung. Documento mimeografiado.
- Boscherini, Fabio y Lucio Poma (2000). *Territorio, conocimiento y competitividad de las empresas*. Madrid, Miño y Dávila Editores.
- 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' nformation Technology*. Italia.
- Bustard, D.W. (1991). "Software Research Management". *R&D Management*, vol. 21, núm. 3. pp.175-185.
- Butera, Federico (2003). *Tecnologia e Organizzazione per l'uomo e l'impresa*. Italia, Editorial Franco Angeeli.
- Cafassi, Emilio (1998). *Internet: políticas y comunicación*. Buenos Aires, Editorial Biblos.
- Callieri, Carlo (1998). *Lavoro ed Economia della Conoscenza*. Italia, Editorial Franco Angeli.

- Cámara Costarricense de Producción de Software (CAPROSOFT) (2001). *Proyecto de Financiamiento para las Empresas de Software*. San José, Costa Rica, Banca Nacional.
- 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*, núm. 5, noviembre-diciembre. Medellín, Colombia. p.8.
- Campbell-Kelly, Martin (s/f). *Development and Structure of the International Software Industry, 1950-1990*. p.74.
- _____ y W. Aspray (1996). *Computer. A History of the Information Machine*. Nueva York, Harper.
- Cantarell, Aquiles y Mario González (2001). *Historia de la computación en México, una industria en desarrollo III*. México, Hobbiton Ediciones.
- Carrillo y Hualde (2000). *Manuscrito sobre definiciones de cluster*. México.
- Casas, R. (2001). *La formación de redes de conocimiento. Una perspectiva regional desde México*. México, Anthropos UNAM/Instituto de Investigaciones Sociales.
- Castels, Manuel (2001). *La Galaxia Internet*. Madrid, Brosmac, S.L.
- _____ (1999). *La era de la información*. México, Siglo XXI. 3 vols.
- Castro, Jorge *et al.* (2002). *El acceso de la Argentina a la sociedad del conocimiento*. Buenos Aires, Fundación BakBoston.
- Coallier, F. (1994). "How ISO 9001 Fits into the Software World." *IEEE Software*, vol.11, núm.1. IEEE Computer Society
- Correa, C. (1996). "Strategies for Software Exports from Developing Countries". *World Development*, vol. 24, núm. 1.
- Coster, A. (1998). "The Case Against ISO 9000: A Response, Software Process". *Newsletter, IEEE TCSE*, vol. 11, núm. 1.

- Crovi, Delia y Cristina Girardo (2001). *La convergencia tecnológica en los escenarios laborales de la juventud*. México, UNAM y Hersa Ediciones.
- Cuevas Agustín, Gonzalo (2002). *Gestión del Proceso Software*. Madrid, Editorial Centro de Estudios Ramón Areces, S. A.
- Cusumano, Michael (1996). *Synchronize and Stabilize: An Approach for Balancing Flexibility and Structure in Software Product Development*. En: "Communications of the ACM".
- _____ y Michael y R.W. Selby (1995). *Microsoft Secrets*. Nueva York, The Free Press.
- _____ (1991). *Japan's Software Factories*. Nueva York, Oxford University Press.
- Chudnovsky, Daniel *et al.* (2001). *El sector de software y servicios informáticos (SSI) en la Argentina: situación actual y perspectivas de desarrollo*. Documento mimeografiado.
- D. Chandler, Alfred (2003). *La Rivoluzione Elettronica, I protagonisti della storia dell'elettronica dell'informatica*. Università Bocconi Editore. 324p.
- Dabat, Alejandro (2002). "Globalización, capitalismo actual y nueva configuración espacial del mundo". En: Basave, Jorge y otros, coord. *Globalización y alternativas incluyentes para el siglo XXI*. México, UNAM/CRIM y M.A. Porrúa.
- _____ y Sergio Ordóñez (2003). *Revolución informática. Nuevo ciclo industrial y división internacional del trabajo: marco general para el estudio de la inserción internacional de México*. México, UNAM/CRIM y IIED. En prensa.
- _____ y A. Toledo (1999). *Internacionalización y crisis en México*. México, UNAM/CRIM.
- Davenport, H. Thomas y Laurence Prusak (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". *IEEE Computer*, IEEE Computer Society.
- D' Costa, A.P. (2000). "Export Growth and Path-Dependence. The Locking-in of Innovations in the Software Industry". 4th. *International Conference on Technology Policy and Innovation*. Curitiba. Agosto. Citado por Chudnosvsky y otros.
- Digital Planet (2001). *The Global Information Economy*. WITSA (The World Information Technology and Service Alliance).
- Drucker, Peter (2001). *Management Challenges for the 21st Century*. ISBN: 0887309992.
- El Universal*. Suplemento Finanzas. México, 5 de junio 2000.
- Ellerbracke, Román Sergio y Elba Mijes Lomelí (2003). "Análisis de la evolución y tendencias de los programas de Licenciatura en Informática y Computación en México". *Revista de la Universidad del Valle de Atemajac*, año XVII, cuatrimestral, enero-abril. p.48.
- Finkelievich, Susana (2000). *Ciudadanos a la Red!* Argentina, Ediciones La Crujía.
- Foray, Dominique (2000). *L'économie de la connaissance*. París, Editions La Decouverte.
- Formenti, Carlo (2002). *Mercanti di Futuro*. Torino, Editorial Einaudi.
- Fransman, Martin (1995). *Japan's Computer and Communication Industry*. Nueva York, Oxford University Press.
- Fritz, Alejandro (1998). "Producción y circulación de la información en Internet". En: Cafassi, Emilio. *Internet: Políticas y Comunicación*. s.p.i.
- Gambardella, Agata P. (1998). *Costruzione e appropriazione del sapere nei nuovi scenari tecnologici*. Nápoles, CUEN.
- Gibas, Wayt (1994). "Software's Chronic Crisis". *Scientific American*, septiembre. p.86.
- Giotti, Fabio y Gino Roncaglia (2000). *Il mondo digitale, introduzione ai nuovi media*. Editori Laterza.

- Halal, William y Kenneth Taylor (1999). *Competing for the Future*. Boston, Harvard Business School Press.
- Harrison, Teresa y T. Stephen (1996). *Computer Networking and Scholarly Communication in the 21st. Century*. Nueva York, State University Press.
- Hayes W. y D. Zubrow (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*. Manchester University/Institute for Development Policy and Management. Working Paper Series, núm. 3.
- Hoch, D., C. Roeding, G. Purkert y S. Lindner (1999). *Secrets of Software Success. Managements Insights from 100 Software Firms around the World*. Boston, Harvard Business School Press.
- Humphrey W.S. y W.L. Sweet (1987). *A Method for Assessing the Software Engineering Capability of Contractors*. SEI Technical Report, SEI-87-tr-23.
- Gereffi, Gary (1995). "Global Production Systems and Third World Development". En: B. Stalling, ed. *Global Change, Regional Response: The New International Context of Development*. Nueva York, Cambridge University Press.
- Instituto Alemán de Desarrollo (2000). "El desarrollo de las capacidades tecnológicas en Argentina: el papel del software y de los servicios informáticos". IAD, abril. Documento mimeografiado.
- Indian Department of Electronics Annual Reports. *Dataquest*. India.
- Industrial Development Agency/National Software Directorate. Ireland Government (1977). En: Irlanda.htm
- International Standardisation Organization (1995). *Software Process Assessment. Construction, Selection and Use of Instruments and Tools*. vol. 1
- Jackson, M. (1998). "Will there ever be Software Engineering?". *IEEE Software*, IEEE Computer Society, vol. 15, núm. 1.

- Jefrey, R. (1997). "Software Models, Metrics and Improvement". En: *ESCOM97 Conference*. Berlín, Alemania.
- Jeletic, K. *et al.* (1996). "Software Process Improvement Guidebook, Revision 1". En: *SEL-95-102, NASA/GSFC*.
- Kitchenham, B. y S.L. Pfleeger (1996). "Software Quality: The Elusive Target". *IEEE Software, IEEE Computer Society*, vol. 13, núm.1
- Kuntzmann-Combelles, A. (1997). *The Business Performance Perspective*. En: ESSI g-r-a-m, núm.3.
- Levy, Pierre (1999). *¿Qué es lo virtual?* Barcelona, Paidós. Multimedia 10.
- López, Andrés (2003). "Componente B: diseño de análisis de resultados de la segunda encuesta argentina de innovación 1997/2001". BID y 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*. Italia, Universidad Bocconi.
- Maroto, Carlos y Jorge Zavala (2003). *La industria del software en México*. En: www.desarrolladores.com.mx, 8 de Abril.
- Márquez, Teresa (2003). "Redes contra la incertidumbre en software". En: *Itinerarios del Conocimiento: formas dinámicas y contenido. Un enfoque de redes*. México, UNAM/IIS y Anthropos.
- Minc, Alain (2001). www.capitalismo.net. Paidós.
- Ministerio de Industria, Energía y Minería (1999). *Informe Sector Software*. Stolovich *et al.* Uruguay, junio.
- Massachusetts Institute of Technology (2003). *A Indústria de Software no Brasil- 2002: Fortalecendo a Economia do Conhecimento*. Brasil, MIT-SOFTEX-W Class. Documento mimeografiado.
- Medina Gómez, Francisco (2003). "Política Jalisco de Tecnologías de la Información". *Primer Foro de la Industria del software en Jalisco*. Zapopan. Jalisco, 19 de junio.
- Miller, Arnold (1993). "Building a Modern Electronics Industry". En: *Developing the Electronics Industry*. Washington, DC.

- Mochi Alemán, Prudencio (2002). “El movimiento del software libre”. *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 185, octubre. p.73.
- _____ (2001). “Las organizaciones de la sociedad civil como actor-red privilegiado y regulador en la globalización”. *Cuadernos de Investigación*, núm. 14. Toluca, El Colegio Mexiquense.
- _____ (2001). “Las organizaciones de la sociedad civil y las ciencias sociales”. *Cuadernos de Investigación*, núm. 16. Toluca, El Colegio Mexiquense.
- Moody, Glyn (2002). *Codice Ribelle*. Editorial HOPS.
- Mowery, David C., ed. (1996). *The International Computer Software Industry*. Nueva York, Oxford University Press.
- _____ y R. Nelson Richard (1999). *Sources of Industrial Leadership Studies of Seven Industries*, Cambridge University Press. 401p.
- _____ y Nathan Rosenberg (1998). *Paths of INNOVATION Technological Change in 20th Century America*. The Press Syndicate of The University of Cambridge.
- _____ 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*, núm. 25. pp.947-966.
- Nasscom (2002), “Indian IT Software and Services Industry”. Disponible en [http:// www.nasscom.org](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>.
- _____ (2000). “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*. Washington, D. C., National Academy Press.
- National Software Directorate (1998). En: infbac.html.
- Organization for Economic Cooperation and Development-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. París, OECD (DSTI/ICCP/IIS).
- _____ (2002). *Progress Report and Ideas for Future Work*. Working Party on Indicators for Information Society. París, OECD (DSTI/ICCP/IIS).
- _____ (2000). *Measuring the ICT Sector*. París, OECD. Octubre.
- _____ (1996) *The Knowledge-based Economy*. París, OECD.
- _____ (1990). “New Technologies in the 1990’s. A Socio-Economics Strategy”. París, OECD.
- Oktaba, Hanna y otros (2002). *Norma Mexicana de Calidad en Desarrollo de Software*. www.desarrolladores.com.mx
- Paul A., David (1991). “Computer and Dynamo: The Modern Productivity Paradox in a Not-Too-Distant Mirror”. En: *CEPR Discussion Paper* 172. Stanford.
- Pardo, Laura, María y María Valentina Noblia (2000). *Globalización y nuevas tecnologías*. Buenos Aires, Biblos.
- Paulk, Mark (1993). *Comparison of ISO 9001 and the Capability Maturity Model for Software*. Software Engineering Institute, CMU/SEI, julio.
- Perazzo, Roberto *et al.* (1999). *Oportunidades para la producción y exportación argentina de Software*. Buenos Aires, Serie de Documentos de Trabajo núm. 9. Septiembre.
- Piromallo Gambardella, Agata (1997). *Costruzione e appropriazione del sapere nei nuovi scenari tecnologici*. Milán, Editorial CUEN.

- Pirsig, R.M. (1981). *Lo Zen e l'arte della manutenzione della motocicletta*. Adelphi Editore.
- Price Waterhouse (1999). "Strategic Development of Internationally Traded Service Industries throughout Ireland: Software". Noviembre.
- Radice R.A. *et al.* (1995). "A Programming Process Architecture". *IBM Systems Journal*, vol. 24, núm. 2. IBM Corp.
- Raymond, Eric (1997). La Catedral y el Bazar. En: <http://www.firstmonday.dk/issue3/raymond>: *The Cathedral and the Bazaar*.
- Revelli, Marco (2002). *I Guerrieri del Software*. En: Zachary, Pascal. *Prefazione in edizione italiana*. UTET. pp.3-23.
- Rideau, Francois (1998). "Sobre los artículos de Eric D. Raymond". En: www.sindominio.net, abril
- Rifkin, Jeremy (2000). *La era del acceso, la revolución de la nueva economía*. España, Paidós.
- Rossingnoli, S. (1997). *Ricerca di mercato sui costi della qualità, De Qualitate*. Maggio, Edizioni Nuovo Studio Tecna.
- 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*. México, UNAM.
- Salomón, Alfredo (2002). "Panorama de la industria del software en México". *Revista de Comercio Exterior*, sección nacional, mayo, p. 437.
- Samuelson, Pamela (1993). A Case Study on Computer Programs. En: Wallerstein, Mitchell B. *et al.* *Global Dimensions of Intellectual Property*. Washington D.C., National Academy Press. pp. 284-318.
- Schiemann, W.A. y J.H. Lingle (1998). "Seven Greatest Myths of Measurement". *IEEE Engineering Management Review*, IEEE Computer Society, vol. 6, núm.1.

- Secretaría de Economía (2002). *Programa para el Desarrollo de la Industria de Software, versión preliminar*. México. Mayo.
- Seddon, J. (1998). "The Case Against ISO 9000, Software Process Newsletter". *IEEE Technical Council on Software Engineering*, vol. 11.
- SELECT (2003). *Tecnología y Negocios*. Boletín electrónico. Marzo.
- Shurmer, Mark (1993). "An Investigation into the Sources of Network Externalities in the Packaged PC Software Market". *Information Economics and Policy*, núm. 5. pp.231-251.
- Software Engineering Institute (SEI) (2002). *Empresas calificadas en base al Modelo CMM*.
- Steinmueller, W. Eduard (1996). "The U.S. Software Industry: An Analysis and Interpretative History". En: Momery, David C., ed. *The International Computer Software Industry*. Oxford University Press.
- Stewart, A.,Thomas (1997). *Intellectual Capital. The New Wealth of Organizations*, Nueva York, Doubleday Currency, p.39.
- _____ (1997). *Il Capitale*. Grazie, Editorial Ponte Alle.
- Swan, Peter y M. Shurmer (1994). "The Emergence of Standards in Software: Who Would Benefit from Institutional Intervention?". *Information Economics and Policy*, núm. 6. pp.295-318.
- Takach, George S., ed. (1997). *The Software Business in Canada*. Toronto, McGraw-Hill.
- Torrise, Salvatore (1998). *Industrial Organization and Innovation. An International Study of the Software Industry*. Cheltenham, Elgar.
- Tracs, Will (1988). Software Reuse Maxims, ACM SIGSOFT. *Software Engineering Notes*. vol. 13, núm. 4, octubre.
- Thurow, L. (1996). *The Future of Capitalism*. Londres, Nicholas Breakey Publications.
- UNI EN ISO 9001 (1994). *Sistemi Qualità. Modello per l'assicurazione della qualità nella progettazione, sviluppo, fabbricazione, installazione ed assistenza*.

- Valvola Scelsi, Raf (1998). *Ribellione nella Silicon Valley*. Roma, Edizioni Underground.
- Villalobos Hernández, M. y Agustín Gutiérrez T. (2001). “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”. *Revista de Comercio Exterior*, junio. p.468.
- Warshofsky, Fred (1994). *The Patent Wars*. Nueva York, John Wiley. Capítulo 6.
- Wayner, Peter (2001). *La ofensiva del software libre*. Buenos Aires, Editorial Granica.
- _____ (1999). “Netscape to Release New Browser Engine to Developers”. *New York Times*, USA, 7 de diciembre.
- Whitenger, Dave (1999). “Words of a Maddog”. En: *Linux Today*, 19 de abril. (<http://linuxtoday.com/stories/5118.html>).
- Williams, Riley. *Linux Kernel Version History*. En: (<http://ps.cus.umist.ac.uk/~rhw/Kernel.versions.html>)
- Williams, Sam (2003). *Codice libero. Richard Stallman e la cruciata pero il software libero*. Milán, Apogeo.
- _____ (1999). “Linus Has Left The Building”. *Upside*, 5 de mayo. (<http://www.upside.com/Open-Season/>)
- World Information Technology and Services Alliance (2002). *Digital Planet. The Global Information Economic*.
- _____ (2000). *Information Economic*. WITSA.
- World Economic Forum (2002). *World Development Report 2002*.
- Yoffie, David, ed. (1997). *Competing in the Age of Digital Convergence*. Cambridge, Harvard Business School Press.
- Yourdon, E. (1975) *Techniques of Program Structure and Design*. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.
- Zachary G., Pascal (1998). *I Guerrieri del Software*. Milán.

- Zachary G., 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.

Sitios de Internet

- <http://www.debian.org>
www.manifiesto.cofradia.org
<http://www.sindominio.net>
<http://www.open-source.org>
www.samizdat.net/slut/textes/mult_coopprod.html
www.stallman.org
www.gnu.org/copyleft/gpl.html
www.softwarecostarica.htm
www.desarrolladores.com.m
www.bsa.org/statistics/index
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.
- Vizcaíno, Adriana (2003). "Predicen beneficio del software libre". *Reforma*, 10 de febrero.

La industria del software en México en el contexto internacional y latinoamericano se terminó de imprimir en junio de 2006 en Solar, Servicios Editoriales, S.A. de C.V., Calle 2, núm. 21, San Pedro de los Pinos, 03820, México, D.F., en papel cultural de 75 g y cartulina couché de 250 g. Se utilizaron en la composición tipos Adobe Garamond y Minion. El cuidado de la edición estuvo a cargo de Carmen A. León Saavedra; la formación tipográfica, de Irma G. González Béjar, y la coordinación editorial fue responsabilidad de Víctor Manuel Martínez López. Se tiraron 500 ejemplares más sobrantes para reposición.