

El Desarrollo de Software: Una Obra Hecha por Ingenieros

(La necesidad de ingenieros de software)

Luis Felipe Fernández Martínez¹

Resumen

Hablar de la necesidad de ingenieros de software en México significa hablar de avance tecnológico y de su impacto en la vida cotidiana, del Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT), de la capacidad de la industria de desarrollo de software, de la capacidad para educar y formar en esta disciplina, y de los retos que enfrentan la industria, las instituciones de educación y el gobierno. Significa también, encontrar respuestas a los problemas actuales y planear el futuro y sobre todo... actuar

1. Introducción

Este trabajo pone de relieve la importancia que tiene, para el país, la formación de recursos humanos en la disciplina de la ingeniería de software. Esto se hace desde cuatro perspectivas diferentes: la primera, analizando brevemente el impacto en la vida cotidiana y la sociedad actual, del avance tecnológico; la segunda, desde las metas y estrategias del Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT); la tercera, la situación de la industria nacional de desarrollo de software a la luz de las metas propuestas en PROSOFT; y cuarto, el papel de las instituciones de educación e investigación en esta disciplina, y que está planteado claramente en la estrategia dos de PROSOFT.

El desarrollo y el avance tecnológico han alcanzado posiciones que en hace poco más de tres de décadas no se hubiera sospechado. Basta con mirar a nuestro alrededor para darnos cuenta de la influencia que tiene la tecnología en nuestra cotidianidad. Como ejemplo, es suficiente

recordar las historias que se tejieron con el famoso error Y2K. Todas ellas hablaban de que el software podría fallar y como resultado, poner en punto muerto nuestro mundo.

En la inmensa mayoría de los países, los sistemas sociales, políticos, económicos y hasta culturales dependen en gran medida de complejos sistemas basados en computadoras, y evidentemente en software. La dependencia no es exclusivamente hacia su interior, sino que las relaciones entre ellos son también, en muchos casos, regidas por tecnología. El desarrollo de software de complejidad y tamaño cada vez mayores ha, sido inevitable. Imaginar, actualmente, un mundo sin tecnología es prácticamente imposible, de hecho para que esto no suceda, es necesario contar productos tecnológicos seguros y de calidad. Es evidente que esto último requiere de recursos humanos, además de tecnología, con capacidad para lograrlo.

Es claro que el mundo cada vez más se mueve en base a la tecnología. El desarrollo de productos tecnológicos, entre ellos el software, es una necesidad pero a su vez una oportunidad de crecimiento económico. La industria mexicana de software tiene un papel prioritario dentro de la economía nacional, es detonadora de empleos y ayudará a elevar el Producto Interno Bruto. Según el estudio, realizado por CompTIA [14], la industria del software es de gran importancia para la economía nacional.

El estudio parte de los siguientes puntos:

- El Software es un motor para el crecimiento económico
- Se necesita mayor inversión en software para lograr el desarrollo de la infraestructura de Tecnologías de Información
- Con esto, se estimulará la generación de empleos y crecerá el Producto Interno Bruto
- El gobierno deberá impulsar programas que colaboren al crecimiento de la industria mexicana de software

Los países con inversiones en tecnología mayores al 7.5% cuentan con economías más sólidas en comparación con aquellos donde se invierte menos del 2.1%. En México actualmente, este porcentaje es de 1.5%. De nuevo surge la

¹ Profesor Investigador en el Departamento de Eléctrica y Computación. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Instituto de Ingeniería y Tecnología. lfernand@uacj.mx

necesidad de contar con recursos humanos con formación para aprovechar esta oportunidad.

En el 2002, el Gobierno Federal lanzó un Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT) [1], bueno en el papel y en la dirección correcta; a la fecha, sin resultados claros, con falta de apoyos sustanciales; podría decirse que casi estancado y quizá hasta mal difundido. Este programa debería ser un detonante para la gran mayoría de las instituciones de educación, y a la vez un punto de partida para la industria nacional. En ambos casos el resultado ha sido más bien pobre, aunque también habría que aceptar que ha tenido más influencia en la industria.

La industria del desarrollo de software en México es una gama bastante heterogénea, se pueden encontrar desde micro empresas hasta empresas sumamente grandes. Entre ellas, además de la diferencia de tamaño, nicho de mercado y tipo de empresas que atienden, habría que diferenciar el nivel de madurez en el que se encuentran como empresas desarrolladoras de software, es decir, la posición que ocupa su ingeniería como medio de producción. Esta industria se presenta como una alternativa real de crecimiento económico; actualmente es un segmento naciente con muchos inhibidores, congelado, disperso y con estructuras administrativas familiares o informales.

PROSOFT establece claramente en su estrategia dos, la necesidad de formar recurso humano capacitado, y es evidente que la industria requiere con urgencia no solo de este recurso, sino también de métodos, técnicas y métodos que ayuden a hacer más madura la ingeniería de producción y administración que ellos utilizan.

La docencia y la investigación en ingeniería de software son dos áreas aún incipientes en el país. En el aspecto docente, a pesar de la gran cantidad de programas que existen relacionados con las ciencias, sistemas e ingenierías computacionales, no se cuenta aún con una oferta masiva de programas específicos de esta disciplina. Con respecto a la investigación se puede decir que existe, pero los investigadores de esta área no son muchos y trabajan casi de forma aislada; están en su mayoría dispersos en centros de investigación y en universidades. En ambos casos no existe una clara vinculación con la industria. Esta situación es para el país una desventaja y tiene que ser atendida por las diferentes instituciones de educación de forma conjunta, planeada y en clara

comunión con el gobierno y la industria, tanto nacional como extranjera.

Aunque se pueden identificar varios problemas, nos interesan dos medulares: el principal de ellos es el apoyo que recibe actualmente el PROSOFT en relación a la estrategia 2 y el segundo es, la débil reacción de la gran mayoría de nuestras instituciones de educación técnica y superior a tal programa.

El artículo está configurado de la siguiente manera. En la sección dos se hace una sucinta reseña del PROSOFT; en la sección 3, se continúa con una breve referencia a el papel de software y la ingeniería de software; en la sección cuatro, se analiza la situación de la ingeniería de software en México desde tres puntos de vista: docencia, investigación e industria; el la sección cinco se presentan algunos de los retos y se hace énfasis en el reto que presenta la formación de recursos humanos en esta disciplina. Por último, en la sección seis, las conclusiones.

2. El Programa para el Desarrollo de la Industria del Software

El Plan Nacional de Desarrollo 2001 - 2006 plantea el fomento a la industria y el mercado de Tecnologías de la Información (TI) como estrategia para aumentar la competitividad del país. Las TI tienen un efecto transversal en toda la economía, razón por la cual impactan positivamente la competitividad de todos los sectores. Como resultado de este Plan Nacional, el 9 de Octubre del 2002 la Secretaría de Economía lanzó el Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT) [1], con el objetivo de crear las condiciones necesarias para que México cuente con una industria de software competitiva internacionalmente y asegurar su crecimiento en el largo plazo.

Dado el gran potencial con que cuenta México para desarrollar esta industria, la Secretaría de Economía, en coordinación con organismos empresariales y empresas del sector diseño, dentro del PROSOFT, metas de largo plazo con miras a que en el año 2013 el país:

- Logre una producción anual de software de \$5,000.00 millones de dólares.
- Alcance el promedio mundial de gasto en tecnologías de información.

- Se convierta en el líder latinoamericano de desarrollo de software y contenidos digitales en español.

Para alcanzar estas metas, la Secretaría de Economía convocó a organismos e instituciones gubernamentales federales, estatales y municipales, así como a las propias industrias del software y el sector académico del país. El resultado fue un programa consensuado constituido por 7 estrategias:

1. Promover las exportaciones y la atracción de inversiones.
2. Educar y formar personal competente en el desarrollo de software, en cantidad y calidad convenientes.
3. Contar con un marco legal 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 (agrupamientos empresariales).

El PROSOFT sigue contando con el apoyo de la iniciativa privada en el desarrollo de sus proyectos, algunos de los cuales han culminado con reformas legales adoptadas por el H. Congreso de la Unión [13].

3. El Software y la ingeniería de software

Roger Pressman, en su libro de ingeniería de software, escribía: “*El software es casi ineludible en un mundo moderno. A medida que nos adentremos en el siglo XXI, será el que nos conduzca a nuevos avances en todo, desde la educación elemental a la ingeniería genética*” [12].

No hay que hacer un recuento mayor de ello, podríamos apoyarnos en lo que ya expresamos líneas arriba e intentar reafirmar y hacer ver, con algunos otros ejemplos que tan medular es. Quizá sea mejor recurrir a una visión poética del software. Chicamatzu escribe que “un poeta no dice esto es triste, hace que el objeto mismo sea triste, sin necesidad de subrayarlo”. Intentaré hacer sentir la importancia del software desde un verso, no recuerdo al autor, pero él se refería al mar; lo he adecuado un poco a riesgo de parecer (o ser) hereje:

*“no tiene comienzo el mar
lo hallas donde lo ves por vez primera y te sale al
encuentro por todas partes”*

este es sin duda un verso contundente, para el mar y para el software. Ahora considere solo la parte subrayada como referencia al software.

El uso y el desarrollo de software se ha vuelto crítico y en muchos aspectos vitales; quizás sin que lo percibamos concretamente dependen de él directa e indirectamente no solo vidas, sino la calidad de vida de nuestra cotidianidad actual. Por natural necesidad hemos transitado de la no tan simple programación de computadoras a lo que ahora se conoce como ingeniería de software. Una diferencia entre estos dos puntos es que el programador solitario de antaño ha sido sustituido por un equipo de especialistas de software. Esta diferencia, aunque básica, no es la única. El término ingeniería da una profundidad que es necesario entender completamente.

El desarrollo de software a final de cuentas tiene como objetivo la entrega de un producto, y como tal, este producto tiene un usuario. No era posible que pasara mucho tiempo sin que la comunidad que desarrolla software y los mismos usuarios se percataran de que este hecho exigía darle al desarrollo de software otras dimensiones.

Si bien en sus inicios el desarrollo de software era artesanal, y en alguna medida sigue siéndolo, era necesario incorporarle al menos por analogía con otras disciplinas e industrias: procesos, métodos técnicos y de gestión, así como herramientas. Evidentemente a la par de lo que existe actualmente como materia de estudio, o quizás de forma más adecuada mediante la creación de una disciplina de estudio, de investigación y de aplicación, que fundamentalmente tomará el desarrollo de software como “*leit motiv*” la Ingeniería de Software es esta disciplina y es una disciplina joven.

Hace ya algún tiempo que el desarrollo de software está pasando de ser una obra hecha por programadores (por muy buenos que estos sean) a ser una obra hecha por ingenieros. Esto ha generado una nueva profesión: la de ingeniero de software, profesionistas con mayores capacidades para el desarrollo de software.

Para comprender la ingeniería de software como profesión hay que entender que la producción de

software va más allá de sólo procesos técnicos; que también comprende actividades, como la administración (lo que implica restricciones financieras y organizacionales), el desarrollo de herramientas, métodos y teorías de apoyo a la producción. En general, los ingenieros de software adoptan un enfoque sistemático y organizado de su trabajo.

4. Situación actual de la ingeniería de software en México

4.1 Docencia

En el país existen registrados por la ANUIES alrededor de 800 [4] programas relacionados con las ciencias, sistemas e ingenierías computacionales y con un sin número de títulos o nombres de programas. Sin embargo, hasta el 2003, no existían en los Sistemas Tecnológicos (Universidades o Institutos) ni en la Universidades públicas o privadas, programas de técnicos o de ingenieros en software. Actualmente algunas universidades, como la Autónoma de Yucatán, están en etapa de abrir programas de licenciatura específicos en esta disciplina. Con referencia al posgrado, se han localizado programas de maestría en ingeniería de software en diferentes universidades: Universidad Tecnológica de la Mixteca [2], Universidad Autónoma de Querétaro [3], Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla [5] y el Centro de Investigación en Matemáticas A. C., [6]. Sólo los dos últimos programas son específicos en ingeniería de software; los demás ofrecen una posible terminación en esta área. En cuanto a doctorados aún no existen ofertas concretas, la situación es similar a la de programas de maestrías, algunos doctorados ofrecen cierta orientación hacia ingeniería de software. Por otro lado, CONACYT no tiene registrado ningún programa en el área de ingeniería de software en su padrón de posgrados.

Si bien es cierto que los programas en algunas de las áreas de la computación ofrecidos en México datan ya de varias décadas, y que en algunos de ellos se ha incorporado la ingeniería de software a sus planes de estudio, también es cierto que en México la ingeniería de software como disciplina de estudio e investigación, no pasa de tener una vida de una década o un poco más y evidentemente no está consolidada plenamente.

4.2 Investigación

En cuanto a investigación la situación es mucho menos alentadora; aunque existen investigadores en esta disciplina, no son muchos y trabajan casi de forma aislada, están en su mayoría dispersos en centros de investigación y en universidades. Actualmente existe solo un grupo identificado plenamente (grupo de ingeniería de software del CIMAT, en Guanajuato, Gto.) y con muy buenos resultados [7]. En cuanto a la difusión nacional de trabajos de investigación existe un congreso (Encuentro Internacional de Ciencias de la Computación ENC) el cual contempla dentro de sus áreas de exposición la ingeniería de software y que cuenta adicionalmente con un Taller de Ingeniería de Software [8], donde la comunidad tanto de docencia como de investigación analizan la problemática que gira alrededor de la formación de recursos humanos en esta disciplina.

Hay otros foros, no precisamente de investigación, que se realizan en diferentes estados, generalmente auspiciados por alguna institución de educación, pública o privada y apoyados por empresas (la mayoría no nacionales) del ramo y orientados más a lo profesional, es decir hacia la difusión de metodologías o soporte a ellas.

4.3 Industria

La industria del desarrollo de software en México es una gama bastante heterogénea; se pueden encontrar desde micro empresas hasta empresas sumamente grandes. Entre ellas además de la diferencia de tamaño, nicho de mercado y tipo de empresas que atienden, habría que diferenciar el nivel de madurez en el que se encuentran como empresas desarrolladoras de software, es decir, la posición que ocupa su ingeniería como medio de producir software.

La industria del desarrollo de software ha optado en su gran mayoría por evaluarse de acuerdo a CMMI (Capability Maturity Model Integration), modelo propuesto por el SEI [9]; aunque hay que considerar que no es la única forma de hacerlo. Entender este modelo requiere de un conocimiento que quizás no está al alcance de cualquier audiencia; por lo tanto, para caracterizar el nivel de madurez y calidad de la ingeniería de la industria nacional, consideramos más adecuado utilizar un modelo menos complejo y más ilustrativo. El modelo al que se hace referencia es propuesto en 1990 por Mary Shaw [10], Fig 1.

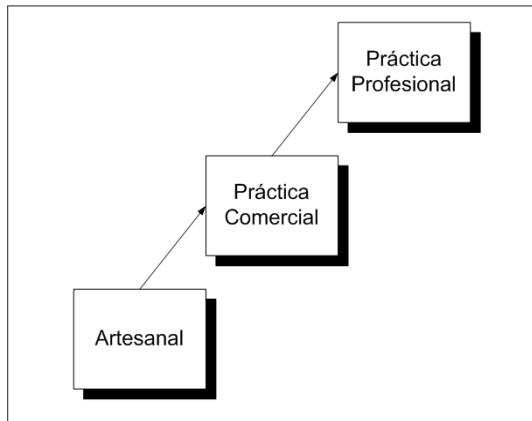


Fig. 1. Evolución de la ingeniería

Para Shaw [10] la ingeniería históricamente emerge de prácticas *ad-hoc* en dos etapas: primero las técnicas de gestión y producción permiten establecer rutinas de producción; luego, los problemas que se presentan en estas rutinas de producción estimulan la creación de conocimientos (ciencia) de soporte; este conocimiento, eventualmente se integrará con prácticas establecidas dando como resultado prácticas profesionales de ingeniería. La figura 1 se puede explicar de la siguiente manera, al agregar producción (masiva) a lo artesanal se adquiere una práctica comercial, luego al agregar conocimientos a las prácticas comerciales se tiene como resultado prácticas profesionales de ingeniería.

La ingeniería que se utiliza en el desarrollo de productos de software no se escapa a este modelo y por lo tanto las empresas instaladas en este ramo tampoco. No existe un estudio público que indique con certeza la madurez de nuestra industria, pero es un secreto a voces que en su mayoría (salvo contadas excepciones) están fuera de cualquier modelo de calidad internacionalmente reconocido (CMMI, ISO 15504, entre otros). El grueso de la industria del software en México pertenece al rubro de pequeñas, es decir con menos de 50 empleados y con procesos de calidad e ingeniería de software casi inexistentes [11]. No es descabellado sacar algunas conclusiones: primero, la industria nacional de este tipo en su generalidad se encuentra muy por debajo de tener competitividad internacional; segundo, existe un mercado nacional, atendido por empresas nacionales que deja mucho que desear en cuanto a su nivel de calidad en su ingeniería y por lo tanto susceptible de ser marginado por industrias de otros países y por último, la madurez de la ingeniería que se

utiliza en este ramo de la industria (salvo excepciones notorias) podría ser ubicado en lo artesanal y a mata caballo en la práctica comercial, Fig. 1.

Este último punto tiene implicaciones angustiantes: las características de la ingeniería nacional de producción de software son las siguientes: uso de fuerza bruta, cierto aprovechamiento de talento y virtuosismo, uso deficiente de recursos y en el mejor de los casos procedimientos pobremente establecidos y no repetibles, refinamiento pragmático y entrenamiento en lo mecánico entre otras.

5. Los retos

Son varios los retos que el país debe enfrentar en su camino hacia la promoción y consolidación de un México competitivo internacional y nacionalmente como productor de software, y lograr que esta industria sea un detonante de la economía nacional.

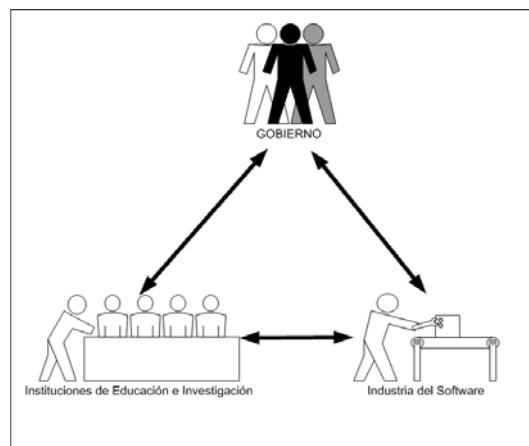


Fig. 2: Los principales actores de PROSOFT

El primero de ellos, y de vital importancia, se ha enfrentado ya; se ha entendido la pertinencia de considerar como parte importante de este proyecto la participación conjunta de tres actores: gobierno, industria e instituciones de educación e investigación, Fig. 2. Esto ha generado en principio, una línea clara y directa que ha sido establecida como programa nacional. Sin el PROSOFT poco se podría hacer en el afán de llevar a la industria de México a ocupar un lugar privilegiado dentro del contexto global. Dar un seguimiento, propiciar de una manera clara que las metas y estrategias del PROSOFT se cumplan y que los participantes tengan un apoyo sustancial para cumplir con sus responsabilidades son

acciones no menores del gobierno. Los otros dos actores tienen también a su cargo dar respuestas adecuadas desde su propia perspectiva.

Si bien es cierto que el PROSOFT ha permitido que la industria del software y las organizaciones (AMITI por ejemplo) que giran en torno a ella hayan generado respuestas vinculadas estrechamente al programa, y que algunas entidades federativas (Jalisco, Nuevo León, Aguascalientes, entre otros) tomen acciones orientadas a establecerse como “clusters” de industrias de desarrollo de software, también es cierto que el otro actor importante, las instituciones de educación, escasamente hayan respondido de manera articulada. Esfuerzos como el de la ANIEI (Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Informática, A. C.) quizá el más sólido, arduo, coherente y dirigido, no han recibido un apoyo masivo por parte de las instituciones, manifestado en un compromiso donde se le inviertan recursos humanos y materiales suficientes.

Es precisamente este último punto el que interesa a este trabajo. La estrategia número dos de PROSOFT, deja claro cuál es la responsabilidad de las instituciones de educación e investigación: *“Educar y formar personal competente en el desarrollo de software, en cantidad y calidad convenientes”*. Las líneas de acción asociadas a esta estrategia giran en torno a planes y programas de estudio, formación y certificación de profesores, métodos de enseñanza, la aplicación productiva, investigación y desarrollo, equipamiento y conectividad, mercados de trabajo nacional e internacional, capacitación y formación permanente de recursos humanos y la vinculación con el extranjero. Lo anterior no es gratuito, ya que la docencia y la investigación permiten principalmente:

- Habilitar dos de los primordiales recursos de la industria del software: el conocimiento y el recurso humano.
- Impacta directamente en la habilitación de formadores calificados y actualizados

Se pueden identificar tres estratos o nichos de formación de recursos humanos sobre los cuales se debe actuar: el primero, es el espacio formado por los profesionistas actuales del desarrollo de software y que requieren de actualizar sus conocimientos; el segundo, es el de los futuros

profesionistas de esta disciplina, inscritos en licenciaturas cuyos programas de estudio deben ser adecuados a las nuevas necesidades y el tercero, los que aún están por llegar a las aulas y que podrían optar por una preparación específica en desarrollo de software.

Los tres estratos requieren de diferentes estrategias. Estas estrategias tienen en común la necesidad de que exista una fuerte vinculación entre la industria, las técnicas o metodologías estándares para el desarrollo de software con calidad y las instituciones de educación e investigación.

En la atención al primer estrato existen ya empresas de servicios que ofrecen actualización de conocimientos; sin embargo estas empresas están concentradas en las principales ciudades del país, la industria que requiere de este servicio está dispersa en los diferentes estados. Por lo que respecta al segundo estrato, existe un avance considerable en el trabajo desarrollado por la ANIEI, sus propuestas de modelo de perfiles de capital humano para la industria del software, los modelos curriculares de nivel licenciatura y modelo paracurricular del desarrollador del software [15] lleva un buen trecho avanzado y ha sido el fruto de las colaboraciones de un grupo de profesores de reconocidas escuelas de nivel profesional y que cuenta con el consenso de la comunidad educativa nacional.

El tercer estrato orilla a establecer programas de formación en ingeniería de software. Esto implica un desafío y una oportunidad. El desafío está en aprovechar experiencias adquiridas en áreas afines, en evitar que la formación de recursos humanos, la investigación y la vinculación con el sector de la industria de desarrollo de software tome causes que pueden no ser los más adecuados. La oportunidad está en que aún no existen muchos programas de formación en esta área y esto permitiría homogenizar por un lado y también matizar por otro la formación en esta disciplina. En este sentido existe una propuesta que se presentó en el Taller de Ingeniería de Software en el ENC03 [16]; esta propuesta es un Marco Conceptual para la Formación de Recursos Humanos en Ingeniería de Software. Sobre ella se inició un trabajo en una reunión posterior, auspiciada por y celebrada en el CIMAT, Guanajuato, Gto., el 31 de octubre de 2003. Por desgracia no ha habido una continuidad y el trabajo ha quedado hasta cierto punto trucado; pero es susceptible de ser retomado.

6. Conclusiones

A manera de conclusión y tomado como punto de partida la estrategia dos del PROSOFT, podemos decir que aún es necesario un mayor trabajo conjunto entre los diferentes actores. También se puede detectar que existe una difusión pobre del PROSOFT, fuera del DF y algunas ciudades y centros educativos de importancia, o bien un claro desinterés por parte de muchas instituciones. En descargo, quizás, vale la pena recordar que una incursión en este programa requiere de recursos humanos y materiales que es posible que las instituciones no tengan al alcance o bien que les signifique restar de otros proyectos, inclusive del gasto cotidiano.

Aún cuando muchas de nuestros centros educativos preparan profesionistas que en lo técnico egresan de manera satisfactoria y que existen esfuerzos orientados a fortalecer en muchos sentidos la calidad de la educación superior en México, la mayoría de éstos están representados en programas² y en la existencia de organismos³, es necesario no perder de vista la necesidad nueva de generar recurso humano que pueda soportar lo que implican las metas y estrategias del PROSOFT.

Como propuesta inicial, y desde la perspectiva académica, las instituciones de educación e investigación, interesadas, deberían generar proyectos prioritarios que incidieran en la atención a los estratos o nichos identificados de recursos humanos. Estos proyectos deberían ser apoyados de manera directa y sobresaliente por la SEP y la Secretaría de Economía

Referencias

- 1) Secretaría de Economía, Programa para el Desarrollo de la Industria del Software, versión Junio 2002, <http://www.economia.gob.mx/?P=1128>
 - 2) Universidad Tecnológica de la Mixteca, <http://posgradosvr.utm.mx/>
 - 3) Universidad Autónoma de Querétaro, <http://www.uag.mx/academico/>
 - 4) Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior, ANUIES, <http://www.anuies.mx/>
 - 5) UPAEP, <http://www.upaep.mx>
 - 6) CIMAT, <http://www.cimat.mx>
 - 7) IngSoft, <http://www.cimat.mx/~ingsoft>
 - 8) Encuentro Internacional de Ciencias de la Computación, <http://enc.smcc.org.mx/2004/>
 - 9) CMMI. <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/>
 - 10) Mary Shaw, *Prospects for an Engineering Discipline of Software*, IEEE Software 7(6): 15-24 (1990)
 - 11) Desarrollo de software una oportunidad para México <http://www.amiti.org.mx/biblioteca/EI%20desarrollo%20de%20software%20Una%20oportunidad%20para%20México.PDF>
 - 12) Roger Presuman, *Ingeniería de Software: Un enfoque práctico*, McGraw Hill, cuarta edición.
 - 13) PROSOFT, Metas y Estrategias, <http://www.software.net.mx/desarrolladores/prosoft/>
 - 14) El papel del software para el crecimiento económico, http://www.software.net.mx/desarrolladores/prosoft/Estudios/comptia_mex.htm
 - 15) Trabajo presentado en la Mesa de Trabajo: Industria del Software, en XIII Reunión Nacional de Directores de Escuelas y Facultades de Informática y Computación, Cd. Juárez Chih, Junio de 2004, ANIEI, <http://aniei.org.mx/portal/index.php>
 - 16) Fernández M. Luis Felipe, Montes de Oca Carlos, *Marco Conceptual para la Formación de Recursos Humanos en Ingeniería de Software*, IV Congreso Internacional de Ciencias de la Computación: Avances en Ciencias de la Computación, Taller de Ingeniería de Software, Apizaco, Tlaxcala, México, Septiembre 8 a 12 de 2003
- ² [PIFOP](#).-Programa Integral del Fortalecimiento del Postgrado; [PIFI](#).-;Programa Integral de Fortalecimiento Institucional.; [PROMEP](#).-Programa de Mejoramiento del Profesorado; [FOMES](#).-Fondo de Modernización para la Educación Superior; [FIUPEA](#).-Fondo de Inversión para Programas Evaluados por Organismos Acreditadores; [PRONABES](#).-Programa Nacional de Becas para estudios Superiores; [PRONAD](#).-Programa para la Normalización de la Información Administrativa
- ³ ANUIES (Asociación de Universidades e Instituciones de Educación Superior; CONAIC (Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación, CACEI (Consejo de Acreditación de la Enseñanza en Ingeniería); CIEES (Comités Interinstitucionales para la Evaluación de la Educación Superior) y otros.