

ATProud: Software para la medición de la producción de investigadores en empresas de Alta Tecnología mexicanas

ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia*†, VILLALOBOS-ALONZO, María de los Ángeles, LÓPEZ-HERNÁNDEZ, Luis Manuel y MÁRQUEZ-SÁNCHEZ, María de los Ángeles

Universidad Tecnológica de Jalisco, Luis J. Jiménez No. 577, Colonia Iro de Mayo, C.P. 44979, Guadalajara, Jalisco.

Recibido Julio 4, 2016; Aceptado Septiembre 1, 2016

Resumen

ATProud forma parte de un sistema integral para el análisis de las prácticas de gestión del conocimiento en el área de investigación y la medición de la producción científica y tecnológica de empresas e investigadores en la industria de la Alta Tecnología mexicana. Medir la producción científica de los investigadores es el objetivo de su desarrollo. La metodología para su implementación se sustenta en el método clásico de la Ingeniería de Software. Para el control del sistema se diseña e implementa una base de datos en MySQL a la que se conectan las aplicaciones WEB y móvil (codificadas en PHP, HTML y Android Studio respectivamente). El software genera resultados sobre la evaluación de las competencias del investigador en seis categorías con base en la producción reportada. La importancia del sistema se basa en la determinación de la producción científica y tecnológica en industrias con alto impacto en el Producto Interno Bruto (PIB) con posibilidades de patentar y generar regalías.

Software de medición, producción científica, empresas de Alta Tecnología

Abstract

ATProud is part of a system for the analysis of management practices of knowledge in the area of research and measurement of scientific and technological production in companies and the researchers in the industries Mexican High Technology. Measure the scientific production of researchers is the objective of development. The methodology for implementation is based on the classical method of software engineering. For the control of the system is designed and implements a database in MySQL. The applications Web and mobile (coded in PHP, HTML and Android Studio) are connected to database. The software generates results about the evaluation of the powers of the investigator in six categories based on reported production. The importance of the system is based on the determination of scientific and technological production in industries that have high impact on the Gross Domestic Product (GDP) with the possibility of patenting and generated royalties.

Measurement software, scientific production, high-tech companies

Citación: ROMO-GONZÁLEZ, Ana Eugenia, VILLALOBOS-ALONZO, María de los Ángeles, LÓPEZ-HERNÁNDEZ, Luis Manuel y MÁRQUEZ-SÁNCHEZ, María de los Ángeles. ATProud: Software para la medición de la producción de investigadores en empresas de Alta Tecnología mexicanas. Revista de Investigación y Desarrollo 2016, 2-3: 8-14

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: aromo@utj.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las *Economías del Conocimiento* (EC) son aquellas que “se basan directamente en la producción, distribución y uso del conocimiento y la información”, las cuales mantienen una inversión en sectores clasificados como de Alta Tecnología (Clasificación Nacional de Actividades Económicas [CNAE], 2009; Oficina Estadística de la Unión Europea [NACE], 2011; Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2011; Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2008).

Las empresas de los sectores de AT, además de contar con capital intelectual competente y calificado, incorporan el conocimiento y la tecnología en sus procesos y modelos de trabajo.

La incorporación de conocimiento y tecnología se ve reflejada en las ganancias de las industrias y puede ser medida, según Ureña-López e Hidalgo-Nuchera (2013), de dos maneras: a) basada en indicadores sintéticos: datos estadísticos de diversos países para realizar análisis comparativos o b) contabilidad económica: aportación al Producto Interno Bruto (PIB) de sectores económicos con elevada intensidad en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i).

En este sentido, el análisis de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) presentado por (Romo, 2012) considera que la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (CTI) son los ejes fundamentales para potenciar el desarrollo socioeconómico de los países.

Las empresas generadoras de conocimiento consideradas como de Alta Tecnología (AT) pertenecen a sectores relacionados con Tecnologías de la Información y la Comunicación, Manufactura electrónica, Plantas para la fabricación de vehículos ligeros y pesados y, el sector Aeroespacial (Romo, Villalobos. y Toríz, 2015).

La producción científica y tecnológica (CyT) de los investigadores de las empresas de AT se refiere a las cantidades reportadas en los últimos tres años de artículos, libros y capítulos publicados, reportes técnicos, ponencias en congresos, registro de patentes y propiedad intelectual.

Principales problemas identificados

La producción CyT tiene impacto en el índice bibliométrico internacional sobre la cantidad de artículos publicados con registro en la base de datos del Instituto para la Información Científica (ISI, 2014) donde se encontró que en 2012 existían 10,181 artículos, colocando a México en el lugar 24/34 (BM, 2012) de los países miembros de la OCDE.

El Impacto Relativo (IR) de las publicaciones, que determina la influencia de la disciplina de especialización en México (ISI, 2014), muestra que las áreas con más citas son la multidisciplinar con IR de 10.9 y entre las más bajas se encuentran matemáticas con 1.1, computación 1.7 e ingeniería 1.9.

Por otro lado, las solicitudes y el registro de patentes en México muestran la carencia de desarrollos, la dependencia tecnológica del país y el decremento de la competitividad por el alto pago de regalías.

El país que en 2013 registró más solicitudes de patentes (Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial [IMPI], 2014) fue Estados Unidos con el 42.9% de participación y se le otorgaron el 72.19%, mientras que México tuvo 7.84% de participación con 24.93% de patentes concedidas. En el panorama internacional México ha logrado incrementar este indicador por universidades y laboratorios públicos en coautoría, pero aún se encuentra en el rango medio (OCDE, 2012, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI], 2013).

La expectativa del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, 2014) para disminuir la tasa de dependencia tecnológica partía en 2013 de una tendencia de 10.95, sin embargo su valor real fue de 11 (IMPI, 2014) y los datos del periodo enero-junio de 2014 indican un valor cercano a 15, con lo que la meta del 7.50 para el 2018 deberá ajustarse.

Justificación

En atención a las demandas sobre estadísticas de información actualizadas, los Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) comprenden políticas, programas especiales sectoriales, instrumentos legales de apoyo, dependencias y entidades, instituciones públicas y privadas y redes de grupos y centros de investigación (Foro Consultivo Científico y Tecnológico [FCCyT], 2012) que se componen de las competencias y capacidades de innovación y de su interacción con los recursos humanos.

Por lo tanto, el desarrollo del software propuesto incorpora técnicas y herramientas que permiten medir y establecer el grado de desarrollo tecnológico en las empresas de AT y contribuye a la definición de estrategias para su mejora.

También constituye un mecanismo para las empresas que aporta información verídica a las estadísticas nacionales de Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación.

La estructura de este documento comienza por la descripción del método utilizado para el desarrollo, implementación y aplicación del módulo *ATProud* que mide, en función de la producción CyT de los investigadores las competencias que poseen en el área de investigación.

Posteriormente se presenta la identificación de las principales variables relacionadas en la investigación que orientan el análisis de los requerimientos, lo que finalmente permite establecer la estructura del Software y contrastar los resultados obtenidos de su aplicación con el objetivo del sistema.

Descripción del método

El proyecto presentado es una investigación aplicada para el desarrollo de sistemas en la disciplina de desarrollo de Software. Se utilizó el método formal de cascada (Pressman, 2005) compuesto de cuatro etapas de las que se obtienen productos que permiten su crecimiento y mantenimiento.

Las fases en que se divide se describen a continuación:

Análisis

En esta etapa de se genera un documento en el que se integran los requerimientos para el Software. Se compone por

- a) La definición de los actores del sistema, considerados tanto usuarios como administradores.
- b) Los casos de uso y las entidades que permiten establecer de la estructura de la base de datos

- c) Los diagramas clases, de secuencia, de colaboración y de estado.
- d) El diseño y normalización del diagrama entidad-relación para la base de datos.

- b) Casos completos de los procedimientos considerando a los distintos usuarios.
- c) Se verifica que no exista corrupción de datos y se corrigen los posibles errores

Diseño

Los procesos a realizar en esta fase son:

- a) La determinación de la gama cromática a utilizar.
- b) La definición de los íconos e imágenes
- c) El diseño de las pantallas del sistema.

Desarrollo

En esta fase se determinan las capacidades del equipo de trabajo y se distribuye la codificación de acuerdo al tipo de aplicación:

- a) Se codifica la estructura de la base de datos (Script) en MySQL y se definen y establecen las conexiones con la aplicación WEB y móvil.
- b) La aplicación WEB se desarrolla mediante Hypertext Pre-processor (PHP) para crear las páginas dinámicas.
- c) La aplicación móvil se desarrolla con Android Studio y SDK Tools.
- d) Se verifican los perfiles de los usuarios para los accesos a los diversos módulos del programa, lo que debe garantizar la seguridad.

Pruebas

En esta fase se verifican y validan los componentes:

- a) A nivel individual y durante su integración.

Resultados

Con respecto a las Fases de análisis y diseño del Sistema ATProud en el documento generado se incluyen diversos diagramas en la Figuras 1 se presenta parte de la definición de los actores propuestos.

Formato de control de etapas para proyectos de desarrollo tecnológico

Nombre del proyecto	Tipo de Componente		
ATProud	Identificación de actores		
No. Etapa	Nombre de la Etapa	Fecha de elaboración	
1	Análisis y diseño	10/Agosto /2015	

Actores propuestos		Perfil de usuarios	
Actores propuestos	Descripción de funciones	Habilidades	Cantidad de personas
Administrador del sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizar y establecer contraseña de usuario. • Validar el pre registro de datos. • Actualizar datos de usuario. • Realizar una evaluación • Consultar evaluaciones. <p>Es quien realiza la evaluación u mantiene actualizada la información sobre sus datos en la página del sitio.</p>	<p>Cuenta con dirección de correo electrónico.</p> <p>Conocimientos básicos de computación con habilidades para navegar en internet.</p> <p>Conocimiento de aplicaciones en la nube, pueden llenar un formato en internet.</p>	150 máximo por empresa.

Figura 1 Identificación de Actores para ATProud.

Una vez definidos los actores y los casos de uso se establecen los diagramas de clases.

Los diagramas permiten definir las operaciones que se pueden realizar sobre la información almacenada en la base de datos. En la Figura 2 se presenta un ejemplo de los diagramas del sistema.

Formato de control de etapas para proyectos de desarrollo tecnológico

Nombre del proyecto		Tipo de Componente	
ATProud		Diagrama de Clases	
No. Etapa	Nombre de la Etapa	Fecha de elaboración	
1	Análisis y diseño	10/Agosto/2015	

Ficha_investigador NSS: int Fecha_Elaboracion: Date Nombre: Varchar(30) Ap_Paterno: varchar(30) Ap_Materno: varchar(30) Edad: int Sexo: char ECivil: varchar(15) Nacionalidad: varchar(20) Domicilio: varchar(50) TelParticular: varchar(15) TelCel: varchar(15) E-Mail: varchar(50) Grado_maximo: varchar(35) AreaEspecializacion:varchar(30) Grupos_inv:int SNI: int Contraseña: varchar(20)			Busqueda_información ID_Pregunta: int pregunta:varchar(30)	Dominio_Metodologico ID_Pregunta: int pregunta:varchar(30)
()Agregar ()Modificar ()Visualizar ()Eliminar	()Agregar ()Modificar ()Visualizar ()Eliminar	()Agregar ()Modificar ()Visualizar ()Eliminar		
Gestion_proyectos ID_Pregunta: int pregunta:varchar(30)			Dominio_tecnologico ID_Pregunta: int pregunta:varchar(30)	
()Agregar ()Modificar ()Visualizar ()Eliminar	()Agregar ()Modificar ()Visualizar ()Eliminar	()Agregar ()Modificar ()Visualizar ()Eliminar		

Figura 2 Definición de diagramas de clases para ATProud

De la fase de diseño se obtiene la definición de los íconos del sistema. La integración general de estos componentes se presenta en la Figura 3.

Nombre del proyecto		Tipo de Componente	
ATProud		Íconos del sistema	
No. Etapa	Nombre de la Etapa	Fecha de elaboración	
2	Análisis y diseño	20/Septiembre/2015	

Siguiente >

Finalizar

Autorización	
Nombre	Dra. Ana Eugenia Romo González
Firma	
Fecha	25/Septiembre/2015

Figura 3 Íconos para el sistema ATProud

Desarrollo

Se propone que el sistema se desarrolle tanto en entorno WEB como en dispositivos móvil. La aplicación móvil se encuentra en la fase de pruebas por lo que se presentan las pantallas que corresponden a la aplicación WEB. En la Figura 4 se muestra el apartado que determina el perfil general del investigador y su producción científica.

COMPETENCIAS EN INVESTIGACIÓN

Apartado III. Producción científica del Capital Humano en investigación

Instrucciones. Le solicitamos llene los campos de respuesta del cuestionario dando clic a las opciones que considere que describen su actividad en investigación.
Anote la información solicitada en los campos abiertos. Marque 0 en caso de no contar con producción o desconocer el término.

De las investigaciones realizadas en los últimos 3 años especifique las cantidades:

1) Máximo grado académico	1) Técnico
2) Área de especialización	1) Ciencias agropecuarias
3) Pertenencia a grupos de investigación	1) Si
4) Nivel en el Sistema Nacional de Investigadores	1) No pertenezco
5) Número de investigaciones realizadas	
6) Número de artículos publicados	
7) Número de libros publicados	
8) Número de capítulos de libros publicados	
9) Número reportes técnicos	
10) Número de asistencias como ponente a congresos	
11) Número de registro de patentes	
12) Número de registro de propiedad intelectual	

Figura 4 Implementación de ATProud para el apartado del perfil general del investigador.

En la Figura 5 se muestra el apartado que determina la competencia metodológica con base en la producción del investigador.

COMPETENCIAS EN INVESTIGACIÓN

Apartado III. Competencias de dominio metodológico

Instrucciones. Le solicitamos llene los campos de respuesta del cuestionario dando clic a las opciones que considere que describen su actividad en investigación.
Anote la información solicitada en los campos abiertos. Marque 0 en caso de no contar con producción o desconocer el término.

De las investigaciones realizadas en los últimos 3 años especifique las cantidades:

1) La cantidad y el tipo de investigaciones realizadas fue:

Básica Aplicada Desarrollo Tecnológico

2) La cantidad y el enfoque utilizado fue:

Cuantitativo Cuantitativo Mixto

3) La cantidad y la metodología utilizada en las investigaciones fue:

Descriptiva Exploratoria Participativa
 Experimental Explicativa Teórica
 Diseño (sistemas, etc.)

4) Las fuentes principales para fundamentar sus trabajos son (puede marcar más de una opción):

Bases de datos Artículos de revistas indexadas Libros
 Conferencia Entrevista Experiencia

Figura 5 Implementación de ATProud para el apartado de las competencias en el dominio metodológico

Pruebas

La fase de pruebas se realiza una vez concluida la integración del sistema, la cual consistió en poner en funcionamiento la base de datos y la aplicación central en un servidor en red, verificar las conexiones para las evaluaciones y garantizar que no exista corrupción en los datos.

Resultados arrojados por el sistema

Entre la información generada por el sistema se encuentran diversos reportes como el del capital humano dedicado a las actividades de investigación. La Figura 6 muestra la representación gráfica del reporte emitido por el sistema.

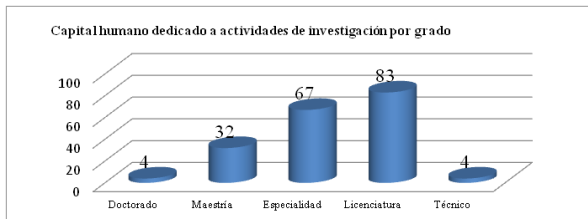


Figura 6 Representación gráfica de los resultados emitidos por TProud sobre el capital humano dedicado a actividades de investigación en las empresas de AT

El resumen sobre la producción en CyT obtenida de 190 investigadores que utilizaron el sistema se presenta en la Figura 7.

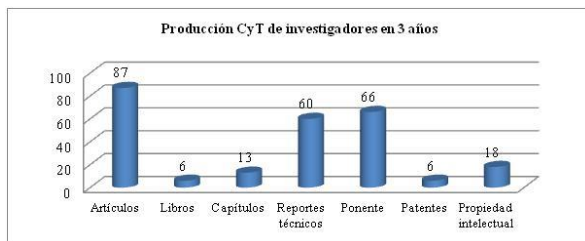


Figura 7 Representación gráfica de los resultados emitidos por TProud sobre la producción en CyT de 190 investigadores

La relación del grado máximo académico de los investigadores respecto al tipo de publicaciones que realizan se presenta en la Figura 8.

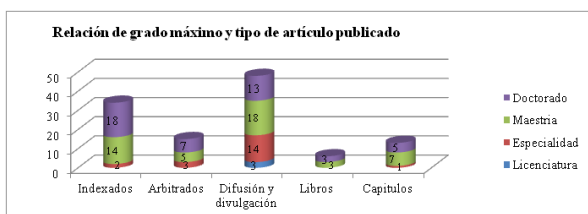


Figura 8 Representación gráfica de los resultados emitidos por TProud sobre la relación del grado académico con los tipos de publicaciones de los investigadores

Con respecto al número de patentes y de propiedad intelectual registradas por los investigadores en los últimos 3 años en la Tabla 1 se presenta el resumen de acuerdo con el grado máximo del investigador.

		Número de registro de patentes		Número de registro de propiedad intelectual			Total
		0	1	0	1	2	
Máximo grado académico	Técnico	4	0	4	0	0	4
	Licenciatura	83	0	83	0	0	83
	Especialidad	65	0	60	6	0	66
	Maestría	30	3	25	7	1	33
	Doctorado	1	3	1	3	0	4
Total		184	6	173	16	1	190

Tabla 1 Relación de registros de patentes y propiedad intelectual de acuerdo al grado

Conclusiones

Dado que el sistema se utilizó en empresas de siete estados de la república, la información generada por ATProud permite definir el perfil de los investigadores que se desempeñan en empresas de Alta Tecnología.

Además de brindar información a los Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación, dentro de cada empresa contribuye al establecimiento de un plan general de capacitación y planes personalizados para el personal.

La determinación del perfil de los investigadores también puede orientar y estructurar portafolios de proyectos y protocolos para la obtención de financiamiento mediante la aplicación en convocatorias de fondos estatales, lo que fortalece el capital estructural de las empresas.

Emplear métodos formales en el desarrollo de ATProud permitió obtener resultados positivos en el corto plazo en cuanto a los tiempos de implementación del sistema.

La planeación estratégica de los recursos humanos y financieros resulto esencial en el alcance de las metas planteadas.

La pruebas de la implementación del sistema evidencio problemas respecto a la conexión con la base de datos relativos a la seguridad por lo que se utilizaron estrategias de encriptamiento de los datos con el objetivo de garantizar la integridad de la información

Referencias

Banco Mundial. (2012). Estadísticas de los países. Gasto en investigación y desarrollo % del PIB. Recuperado de: <http://datos.bancomundial.org/indicador/GB.XPD.RSDV.GD.ZS>

Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. (2014). Informe General del Estado de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. México 2012. CONACYT – Gobierno de la República. México.

Clasificación Nacional de Actividades económicas. (2009). Sectores de alta tecnología. Recuperado de: www.cnae.com.es
Foro Consultivo Científico y Tecnológico. (2012). *Estadísticas de los sistemas estatales de innovación 2012*. Vol. 1. FCCyT-México.

Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial. (2014). Sistema de información de la Gaceta de la propiedad intelectual (SIGA). IMPI en cifras 2014. Secretaría de economía de México. Recuperado de <http://www.impi.gob.mx/>

Instituto para la Información Científica. (2014). Base de datos del Institute for Scientific Information (ISI). Intellectual property & science. Journal, book and proceedings. Thomson Reuters, Inc. Recuperado de: <http://ip-science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jloptions.cgi?PC=K>

Oficina Estadística de la Unión Europea. (2011). NACE Rev. 2 - Statistical classification of economic activities. Eurostat. Recuperado de:

http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/nace_rev2/introduction.

Organización Mundial de las Naciones Unidas. (2008). International Standard Industrial Classification of All Economic. Series M No. 4/Rev.4. Recuperado de http://unstats.un.org/unsd/publication/seriesM/seriesm_4rev4e.pdf

Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. (2013). Indicadores Mundiales de Propiedad Intelectual edición 2013. *world intellectual property indicators*. WIPO. Recuperado de: <http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2011). Science, Technology and Industry Scoreboard, Paris: OECD publication. Recuperado de: www.oecd.org/sti/scoreboard.

Pressman, R. S. 2005. "Software engineering: a practitioner's approach". Palgrave Macmillan.

Romo, A., Villalobos, A., y Toríz, A. (2015a). Clusters and High Technology Industries in Mexico: A Theoretical Review. *Management and Organizational Studies*. Vol. 2, No. 2.

Romo, D. (2012). El impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo de México. Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de: <http://www.cepal.org/dmah/noticias/paginas/1/27731/90946732.pdf>

_____. (2012). "Synthetic table", in *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2012*, OECD Publishing. Recuperado de: http://dx.doi.org/10.1787/sti_outlook-2012-en

Ureña-López, A., Hidalgo-Nuchera, A. (2013). La información en la economía del conocimiento: Retos y Oportunidades para España. *El Profesional de la Información*, 22(4), 339-345. doi: 10.3145/epi.2013.jul.10