

Modelado de los Procesos para el Seguimiento y Control de Proyectos de Investigación, en el Sector Educativo, utilizando redes de Petri

GUTIÉRREZ, Citlalih*†, DÍAZ, Sergio, REYES, Isabel, BARON, Claude, BARTOLO, Roger, DE-LA-ROSA, Jorge y VILLANUEVA, Mercedes

Recibido 2 de Julio, 2015; Aceptado 26 de Agosto, 2015

Resumen

En un mundo altamente emprendedor, que día a día enfrenta cambios tecnológicos, económicos, políticos y sociales, se reconoce que los procesos del sector educativo enfocados a la enseñanza, aprendizaje y evaluación, desempeñan un papel fundamental en el servicio que ofrece una Institución. En esta investigación se plantea un estudio enfocado a la validación de los procesos para el seguimiento y control en los proyectos de investigación, utilizando el formalismo que prevalecen las redes de Petri. Más en detalle, se utiliza la especificación de un modelo para validar el módulo que integra materias de investigación de los planes y programas, que a nivel Ingeniería, se ofertan en las Instituciones de Nivel Superior, donde las etapas y recursos requeridos en los procesos, pueden verse como un conjunto de componentes que intercambian información, haciendo posible evaluar otros aspectos, que de forma práctica no alcanzan a visualizarse o comprenderse. El resultado ha permitido la toma de decisiones estratégicas, para generar planes de mejora continuos e implementar en conjunto métodos, técnicas y herramientas, que generen sinergia al implementar un sistema educativo de calidad.

Modelo, procesos, seguimiento, control, redes de Petri.

Abstract

In a highly entrepreneurial world facing challenging technological, economic, political and social changes every day, the education sector processes focusing on teaching, learning and evaluation play a major role in the services offered by an educational institution. This research presents a study that focuses on the validation of processes to monitoring and control research projects using the Petri nets formalism. A model is used to validate the module integrating research courses of Engineering plans and programs offered at tertiary institutions, where the stages and resources of processes may be seen as a set of components that exchange information, therefore facilitating the evaluation of other issues that cannot be visualized or understood practically. The result allows for strategic decision-making to generate continuous improvement and to use the methods, techniques and tools that create synergies derived from the implementation of quality education systems.

Model, processes, monitoring, control, Petri nets.

Citación GUTIÉRREZ, Citlalih, DÍAZ, Sergio, REYES, Isabel, BARON, Claude, BARTOLO, Roger, DE-LA-ROSA, Jorge y VILLANUEVA, Mercedes. Modelado de los Procesos para el Seguimiento y Control de Proyectos de Investigación, en el Sector Educativo, utilizando redes de Petri. Revista de Sistemas y Gestión Educativa 2015, 2-5: 984-992

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: citlalihg@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor

Introducción

A través de los años el sector educativo ha sufrido cambios y se han creado estrategias, que permiten mejorar en las Instituciones los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, con base a herramientas, programas, modelos, sistemas y a partir del uso de tecnologías, para innovar en su funcionamiento, hasta lograr una educación con calidad. En este sentido, el aumento al presupuesto al Sector Educativo en México, ha posibilitado el desarrollo de instrumentos en la educación, dando paso a planes y programas que benefician al sector educativo, estableciendo la primera ley, y la creación de la Secretaría de Educación Pública SEP, [1], [2].

El sistema educativo, en el periodo de 1990-2000 también sufrió cambios, adaptando nuevas estrategias y programas para ofertar una educación con calidad [3]. En el programa sectorial de educación 2007-2012, se incluye una representación mental que explica el sistema y predice su comportamiento e interacciones basado en un “Modelo de Gestión Educativa Estratégica” [4], en este periodo el Programa Sectorial de Educación, establece la mejora del desempeño de las unidades administrativas, la alineación de estructuras organizaciones e implementa modelos de dirección que contribuyen a mejorar la calidad educativa.

En mayo de 2013, se establece como objetivo general, llevar a México a su Máximo potencial, para ello se centra en cinco metas nacionales, México: en paz, incluyente, con educación de calidad, próspero y con responsabilidad global [5].

Bajo esta perspectiva, las Instituciones de Educación Superior (IES), cuentan con modelos que sirven de base para la elaboración de procesos orientados a la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación.

Para identificar las necesidades de su sistema y los elementos necesarios en la elaboración de estrategias, que deriven en la concepción de trabajos con calidad.

En este artículo se describe la validación de los procesos que dan seguimiento y control a los proyectos de investigación a nivel superior, el caso de estudio se centra en el Instituto Tecnológico de Toluca, en la Carrera de Ingeniería Mecatrónica, que actualmente cuenta con una población estudiantil de aproximadamente 1,100 alumnos, quienes desarrollan aproximadamente 70 proyectos al semestre, lo que representa un reto, al tener que ser supervisados por aproximadamente 6 profesores de la carrera, dependiendo de la cantidad de grupos que se imparten al semestre.

Para ello de la retícula se visualizó un módulo de investigación orientado al desarrollo de proyectos de investigación: Taller de Investigación I, Taller de Investigación II y Formulación y Evaluación de Proyectos, como muestra la Figura 1.



Figura 1 Módulo de Investigación

Los proyectos, hasta hace un par de años, no contaban con un seguimiento para el control de avances, la documentación y el desarrollo de prototipos; lo que representaba una desventaja, que pone de manifiesto la falta de organización y entre alumnos, docentes y asesores.

De lo anterior, surgió la necesidad de generar un mecanismo que permitiera dar seguimiento puntual al avance de los proyectos de investigación de los alumnos, con ayuda del profesor del módulo de investigación, el Asesor y el Jefe de Proyectos.

Como objetivo general se planteó diseñar una representación que valide los procesos para el seguimiento y control de los proyectos de investigación, utilizando redes de Petri.

Lo anterior permitió implementar una técnica que valida, el funcionamiento de los procesos y controlar los avances, al verificar que se cumplen los lineamientos y reglas establecidas.

A manera de recordatorio, una red de Petri es un modelo formal gráfico, que representa el flujo de información y permite el análisis de sistemas y procesos, a partir de un grafo, compuesto por dos nodos, llamados transiciones y plazas, ambos unidos por arcos. Las transiciones son representadas por barras rectangulares, los lugares por círculos y los arcos por flechas que unen las transiciones con las plazas.

Este artículo se divide en cuatro secciones: 1. antecedentes del proyecto. 2. estado del arte, que integra trabajos con características similares a la propuesta en este artículo. 3. la metodología que sirvió de base en el proyecto, y 4. Resultados.

Trabajos Relacionados

A continuación se mencionan algunos trabajos que tratan conceptos relacionados al uso de redes de Petri, para la validación de un sistema, y al seguimiento y control de procesos.

Aplicación de Redes de Petri para la modelización de procesos en logística Inversa

[6]. Este trabajo describe un modelo que representa el comportamiento de un sistema para la compra y venta de artículos, hace uso de un simulador, para conocer el comportamiento del proceso y de las redes de Petri.

El autor hace la comparación de dos tipos de software para el desarrollo del sistema, sin embargo no hace uso de tablas para facilitar la comprensión del proceso.

Modelado con redes de Petri e implementación con Grafcet de un sistema de manufactura flexible con procesos concurrentes y recursos compartidos [7]. Hace referencia a la representación de sistemas dinámicos híbridos, mediante el uso de Grafcet y redes de Petri, menciona los principales elementos del proceso donde se observan máquinas controladas por computadoras, determinado la secuencia óptima del proceso de producción. Su aplicación se enfoca a un proceso industrial no educativo, a diferencia con lo planteado en este artículo.

Arquitectura de software para un laboratorio virtual para estanques Acuícolas vía internet [8]. Se enfoca al análisis, diseño, validación teórica y experimental, de la arquitectura de un software, que permite la planificación de los procesos dentro de estanques acuícolas, como el monitoreo, la planificación de alimentación en los diversos estanques, el modelado del sistema, así como el análisis, a partir de la aplicación de modelos matemáticos con Redes de Petri.

Lineamientos para el Registro y Seguimiento a Proyectos de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología [9]. En este trabajo se analiza la coordinación y la mejora en el desarrollo de proyectos de investigación, la validación y transparencia que permite facilitar el seguimiento, asegura la entrega de productos, con un estándar alto de calidad. Además define las condiciones y las etapas de entrega de la información, así como las actividades de los actores principales.

Desarrollo de la Propuesta

Este trabajo cumple una metodología que combina aspectos para la concepción de productos (ver la Figura 2).

Hace uso de metodologías tradicionales, como el modelo en cascada y el modelo incremental-evolutivo [10], [11], [12], así como aspectos de organización y estructura con las metodologías ágiles como Scrum y Kanban [13], [14]. Esta combinación implica una profundización y una renovación en los procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación, con el fin de obtener una contribución más rica y mejor organizada de toda la información y dar una respuesta óptima a las exigencias definidas en términos de dificultades temporales y económicas, de seguridad y calidad. A continuación se describe a detalle.

La información obtenida de esta investigación genera el “background”, necesario para conocer el entorno y visualizar posibles soluciones al problema.

Análisis, Selección y Optimización de la Información

Se considera la información obtenida en la fase anterior, así como su aplicación. Para ello se realizaron diversas tablas, para sintetizar la información. Tanto en esta fase, como en la anterior, el modelo en cascada sirve de apoyo para el análisis, la selección y optimización de la información; Scrum para la asignación de actividades y la organización del equipo.

Como resultado de esta fase, se crean documentos organizados, la lista de los requerimientos iniciales, las tablas que integran información de los documentos seleccionados y los primeros bosquejos del producto a generar.

Definición de Procesos y Requerimientos

Entre los requerimientos principales para la Representación en el Seguimiento y Control de Proyectos de Investigación en el Sector Educativo, utilizando redes de Petri, se planteó validar el modelo donde se identifican los involucrados y las necesidades.

Del requerimiento anterior se derivaron otros, entre los que destacan:

- Identificar las materias involucradas en los proyectos de investigación.
- Definir los actores dentro del proceso de las materias.
- Identificar las características a cubrir.
- Identificar el modelo matemático a cumplir.
- Simular el modelo para su validación.

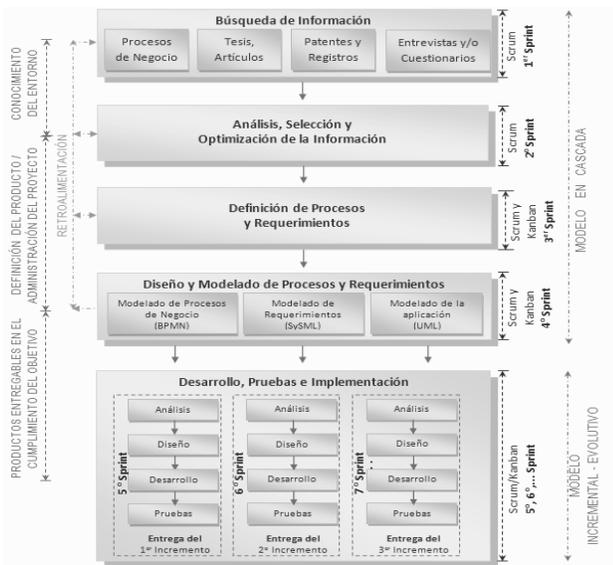


Figura 2 Metodología Propuesta

Búsqueda de información

En esta etapa, se tomaron en cuenta algunas palabras clave del proyecto. Consiste en la fase del conocimiento del entorno, también conocida como investigación preliminar en la concepción de un producto.

Una vez que los requerimientos se desglosaron, se identifican las materias clave y los actores principales, como muestra la Figura 3.



Figura 3 Módulos de distribución del proceso de la validación del Modelo con uso de Redes de Petri

Desarrollo, Pruebas e Implementación

En esta fase se inicia la metodología incremental-evolutiva, donde en cada entrega (o incremento), se realiza de manera cíclica el análisis, diseño, desarrollo y pruebas.

Primer incremento

El primer incremento fue enfocado al desarrollo de los Diagramas de Flujo, donde se contempla la participación del alumno, asesor, docente y jefe de proyectos, además de los componentes principales, la asignatura en estudio y las actividades a realizar.

Los diagramas de flujo generados fueron para las asignaturas de Taller de Investigación I, Taller de Investigación II, y Formulación y Evaluación de Proyectos. Por cuestiones de espacio, en la Figura 4, sólo se muestra el diagrama generado para Taller de Investigación I.

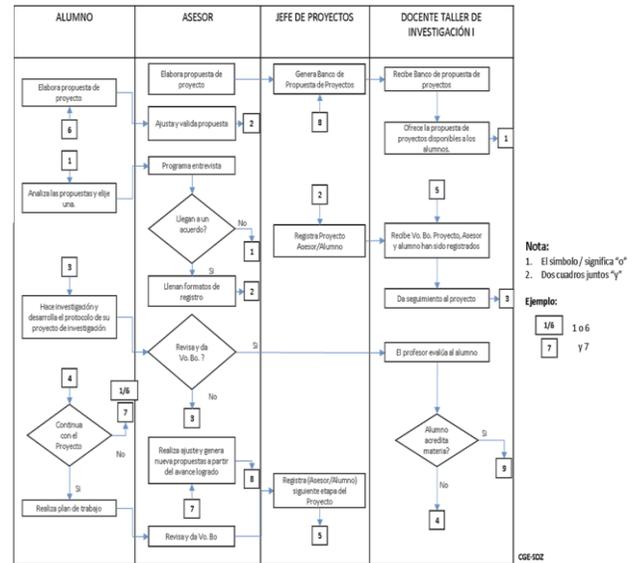


Figura 4 Diagrama de Flujo de Taller de Inv. I.

Segundo Incremento

En este incremento se da inicio al modelado de las redes de Petri, donde se identificaron las plazas, transiciones y las abreviaturas del modelo. En la Tabla 1 se detalla este proceso, se incluye a los actores principales alumno y asesor, y conforme se avanza en la red, se aprecia la participación del docente y el jefe de proyectos.

Estado Actual	Transición	Estado siguiente
Alumno		Elabora Propuesta (E.P). Alumno analiza las propuestas y elige una (AAP y E).
Elabora Propuesta		Asesor Ajusta y Valida Propuesta (AA y VP).
Asesor Ajusta y Valida Propuesta		Jefe de Proyecto Registra Proyecto (J.P RP).
Jefe de Proyecto Registra Proyecto		Docente Recibe Registro (DRR).
Docente Recibe Registro		Docente da seguimiento (DDS).
Docente da seguimiento		Alumno realiza investigación (Protocolo de investigación) (ARPI).
Alumno hace investigación (Protocolo de investigación)	AVI	Asesor valida investigación.
	ANVI	Asesor no valida Investigación.
Asesor valida investigación		Docente evalúa proyecto DEP ().
Docente evalúa proyecto	AAT.INV.I	Alumno acredita T. Inv. I

	ANAT.IN VI	Alumno no acredita T. Inv. I
Asesor no valida Investigación		Alumno hace investigación (Protocolo de investigación) (AHPI).
Alumno no acredita T. Inv. I		Continúa con el Proyecto (CP).
Continúa con el Proyecto	ACP	Alumno continúa con el proyecto
	ANCP	Alumno no continúa el proyecto
Alumno continúa con el proyecto		Realiza plan de trabajo (RPT).
Realiza ajuste y genera nueva propuesta		Jefe de Proyecto Genera Banco de Propuesta de Proyecto (J.P GBPP).

Tercer Incremento

Una vez definidos los estados y transiciones de las materias de investigación, se genera cada modelo, haciendo uso de las redes de Petri (ver las Figuras 5, 6 y 7). A este nivel se contempla la validación de cada modelo, a partir de matrices de incidencia y las tablas de decisión por cada asignatura. La Figura 8 muestra la Matriz de Incidencia de Taller de Investigación I.

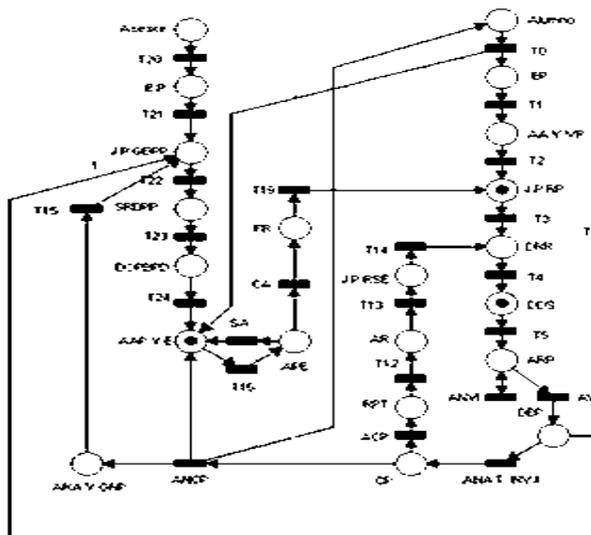


Figura 5 Red de Petri, asignatura Taller de Investigación I.

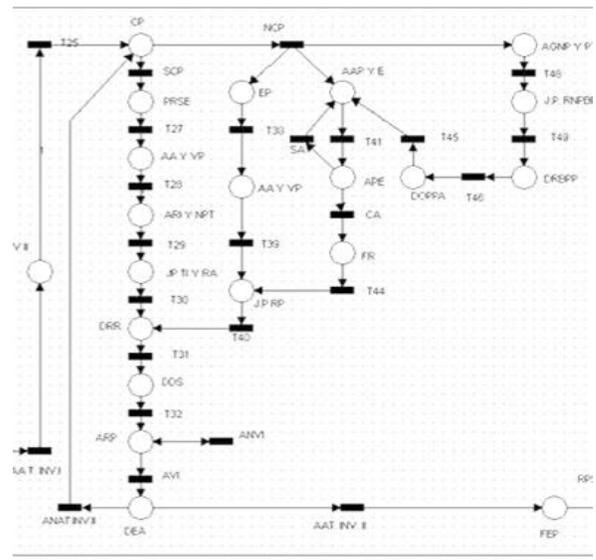


Figura 6 Red de Petri, asignatura Taller de Investigación II

De esta manera el modelo quedó conformado por tres módulos, que permiten vigilar, entre otros aspectos, el avance de los alumnos, si cuenta con los elementos necesarios para acreditar o no la asignatura que cursa, visualizar el avance de los proyectos, además de llevar el control y evolución de los alumnos en las asignaturas ligadas a la investigación.

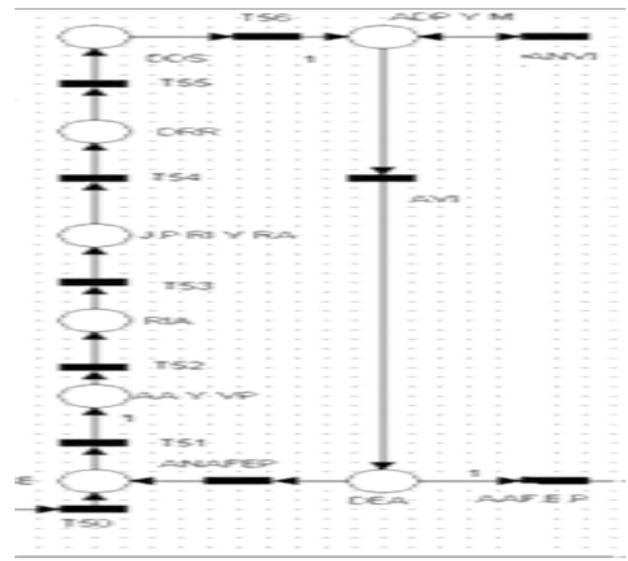


Figura 7 Red de Petri, asignatura Formulación y Evaluación de Proyectos

ESTADOS	TRANSICIONES																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4
Alumno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E.P	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AA.Y.V.P	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J.P.R.P	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
DRR	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DDS	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARP	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DEP	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CP	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RPT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J.P.RSE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARA.Y.GNP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AA.P.Y.E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
APE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
DOPBPD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
DRBPP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
J.P.GBPP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
E.P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Asesor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figura 8 Matriz de Incidencia de Taller de Investigación I muestra las transiciones de entrada en los estados

Resultados

Parte importante de este estudio, ha sido demostrar el comportamiento que ha tenido validar los procesos para el seguimiento y control de los proyectos de investigación, a partir del modelado con redes de Petri, en el transcurso de los últimos semestres. Para ello, se han desarrollado aproximadamente 70 proyectos de investigación por semestre. Durante dos años se han creado los formatos y las herramientas que han posibilitado su seguimiento y control. Lo anterior ha permitido determinar la tendencia de esta actividad en los últimos dos semestres, destacando características como mejor coordinación entre los actores de los procesos, seguimiento de manera lógica y contante en el desarrollo de los proyectos, obtención de productos, de los que se derivaron publicaciones más periódicas, participación en diversos eventos y convocatorias, asistencia a congresos, y lo más importante ha sido el apoyo e incremento en los índices de Titulación.

Para la validación práctica del modelo se hicieron encuestas a aproximadamente 350 personas, entre alumnos, profesores, asesores y al jefe de proyectos, evaluando cinco criterios:

Funcionalidad, eficiencia, control, documentación y asesoría. Desde que se revisaron las primeras encuestas se apreció el gran interés que se ha despertado en ellos y la confianza que se ha generado en el entorno.

Al finalizar el periodo de encuestas, se hizo un reporte de los resultados, los cuales fueron comparados con el modelo de trabajo que antes se seguía. Obteniendo que la funcionalidad de los procesos ha mejorado en un 228%, la eficiencia en un 168%, el control en un 254%, la documentación de los proyectos en un 151%, y la Asesoría que se les brinda a los alumnos en un 177%. La Figura 9 muestra la gráfica que integra los resultados obtenidos con el modelo actual y el anterior.

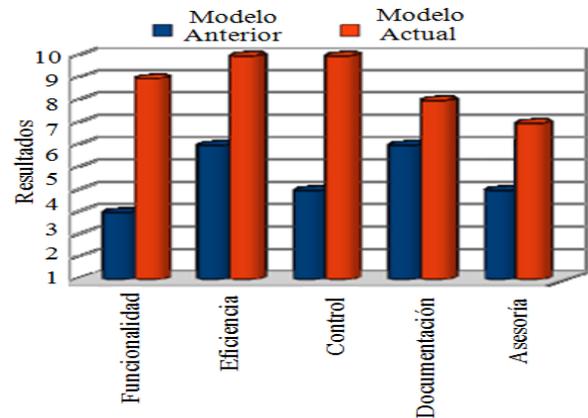


Figura 9 Gráfica de resultados

Agradecimientos

Agradecemos al Tecnológico Nacional de México, por aprobar el proyecto “Modelo de Gestión Educativa Estratégica para programas de calidad, una alternativa como apoyo a la Titulación de Nivel Superior”, clave TOL-PYR-2015-0153, de la convocatoria “Proyectos de investigación científica, aplicada, desarrollo tecnológico e innovación”, que permite seguir avanzando en investigaciones relacionadas a este proyecto.

Conclusiones

El resultado de esta investigación, demuestra que al haber validado y asegurado el buen funcionamiento del Modelo actual, también se ha logrado desarrollar competencias en los alumnos, como investigar, leer, redactar, mejorar la expresión oral y escrita, tanto en el idioma español, como en inglés. No obstante esta tarea sigue siendo ardua y una de las principales preocupaciones del Instituto Tecnológico de Toluca, por ello la tendencia es que semestre tras semestre se mejore y adopten mejores prácticas. Bajo este tenor, se considera primordial prolongar el desarrollo de métodos y técnicas que continúen facilitando esta labor, hasta lograr mayor formalidad y facilidad en la operatividad de los procesos.

Como trabajo futuro, en esta misma línea de investigación, se plantea la culminación de un marco de trabajo, que con base a la combinación de conocimientos de otros métodos y la automatización del proceso, se logre instaurar las mejoras. Para la validación del modelo, actualmente se realizan pruebas con el diseño y desarrollo de varios prototipos con impacto ambiental, médico, social, industrial y educativo.

Como parte de esta investigación, se incrementará y creará una base de proyectos (corpus), para continuar en la realización de esta investigación. Uno de los objetivos principales del Grupo de Ingeniería de Sistemas y Robótica del Instituto Tecnológico de Toluca, es obtener una extensa recopilación de proyectos de investigación, para seguir estudiando y perpetuando la investigación.

Referencias

- 1 Paz Hernández, C. (2011). Modelo Educativo y TIC. México: Departamento de materiales didácticos para la capacitación del centro de entrenamiento de televisión educativa.
- 2 García Retana, J. (2011). Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación" ISSN 1409-4703. Cuatrimestral Educación Universidad de Costa Rica Redalyc, 1-24. Costa Rica.
- 3 SEP. (2012). Los elementos del currículo en el contexto del enfoque formativo de la evaluación. Consulta efectuada en Mayo de 2015. http://www.curriculobasica.sep.gob.mx/images/PDF/herramientas_evaluar/C3WEB.pdf
- 4 DGB. (2011). Secretaría de Educación Pública. Recuperado el Mayo de 2015, de Lineamiento de evaluación del aprendizaje: <http://www.dgb.sep.gob.mx/02-m1/03-iacademica/00-otros/l-eval-aprendizaje.pdf>
- 5 Programa Sectorial de Educación. (2013). Secretaría de Educación Pública. Consulta efectuada en Mayo de 2015. http://www.sep.gob.mx/work/models/sep1/Resource/4479/4/images/PROGRAMA_SECTORIAL_D E_EDUCACION_2013_2018_WEB.pdf
- 6 De la Fuente¹ M^a V., De la Rosa L. (2009). Aplicación de Redes de Petri para la modelización de procesos en Logística Inversa. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIII Congreso de Ingeniería de Organización. Barcelona-Terrassa, September 2nd-4th.

- 7 Castellanos J. S.; Solaque L. (2010). Modelado con redes de Petri e implementación con Grafcet de un Sistema de Manufactura Flexible con Procesos Concurrentes y Recursos Compartidos. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. Vol. 20, NUM. 1, pp. 61-75. ISSN: 0124-8170. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá Colombia.
- 8 De la Rosa Aguilar, E. (2012). Tesis Arquitectura de Software para un laboratorio virtual para estanques acuícolas vía internet. Baja California: Instituto Tecnológico de la Paz División de Estudio de Posgrado e investigación Maestría en Sistemas Computacionales.
- 9 Inifap. (2008). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Lineamientos para el registro y seguimiento a proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología.
- 10 Ribera, d. L. (2005). Ingeniería del Software. En d. L. Ribera, Ingeniería del Software. Pearson Educación S.A. (págs. 65-70). Madrid España.
- 11 Sommerville I. (2011) Software Engineering (9th Edition). Chapter 2 & Chapter 3. ED Pearson Addison-Wesley. United States Of America.
- 12 Pressman R. (2005). Software Engineering: A Practitioner's Approach. Mc Graw Hill. Hardcover-Part Four Managing Software Projects.
- 13 Gutiérrez C. (2007). Méthodes et Outils de la Conception Système couplée à la Conduite de Projet. Thèse de Doctorat. LESIA-INSA. Toulouse France.
- 14 Gutiérrez Estrada C. & Díaz Zagal S. (2010). Methodology to associate the Product Design and Project Management processes in a common platform. The 2010 IEEE International Conference on Information Reuse and Integration - IEEE IRI-2010, Las Vegas, Nevada, USA, pp. 108-122