

Sistema Inteligente de Enseñanza Aprendizaje Aplicado a la Enseñanza de la Automatización Industrial

Carina González*, Jamileth Lotero*, Reymar Vargas*,
Lorenzo Moreno*, Waldemar Llamosas*

Fecha de recibido: 03/09/2015 Fecha de aprobación: 07/10/2015

Resumen

En ingeniería, la realización de prácticas en el laboratorio es el pilar más importante para los estudiantes. Sin embargo, no siempre se cuenta con suficientes recursos materiales en los laboratorios de automatización industrial, ni con el tiempo necesario para que los estudiantes puedan aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. Por ello, se hace necesario contar con sistemas de apoyo a la enseñanza que permitan el aprendizaje autónomo del alumno por un lado, y por el otro, el entrenamiento para el manejo de los recursos físicos disponibles en el laboratorio. Este trabajo describe un sistema inteligente educativo que se basa en tests adaptativos, mapas conceptuales y simulaciones de una planta didáctica “acarreo de piezas”, como propuesta de mejora de la enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Automatización Industrial Avanzada.

Palabras clave: *Sistema inteligente, Software educativo, Tests adaptativos, Enseñanza de la ingeniería, Automatización industrial.*

Abstract

In engineering, the experiments in the laboratory is the most important pillar for students. However, they do not always have sufficient resources in the laboratories of industrial automation, or enough time to apply the knowledge acquired in lectures. Therefore, on the one hand, it is necessary to have support systems that enable the student autonomous learning, and on the other, for training in physical resources available in the laboratory. This paper describes an intelligent educational system based on adaptive testing, concept maps and simulations of an educational plant "hauling parts", as a proposal to improve the teaching and learning of the subject of Advanced Industrial Automation.

Keywords: *Intelligent, Educational software, Adaptive testing, Engineering education, Industrial automation.*

* Universidad de La Laguna, Escuela de Ingeniería y Tecnología. Tenerife. {cjgonza, wllamosa, lmoreno}@ull.es jamileth87@hotmail.com, reymarvargas@outlook.es.

† Se concede autorización para copiar gratuitamente parte o todo el material publicado en la *Revista Colombiana de Computación* siempre y cuando las copias no sean usadas para fines comerciales, y que se especifique que la copia se realiza con el consentimiento de la *Revista Colombiana de Computación*.

1. Introducción

Hoy en día las metodologías empleadas en el mundo de la enseñanza se encuentran en constantes cambios. Estas ya no se basan solamente en clases teóricas donde el alumno se ve “obligado” a escuchar a un profesor, aprenderse lo que han dado en clase y luego olvidarlo como suele pasarle a la mayoría de los alumnos, desde que nos encontramos en el colegio hasta la universidad.

El Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) presenta diferentes metodologías necesarias para mejorar la calidad de la enseñanza [1], que se pueden aplicar en la ingeniería : clases teóricas, prácticas en el laboratorio, aprendizaje cooperativo, aprendizaje basado en problemas (ABP), seminarios, tutorías y Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) [2].

Éste introdujo cambios en los métodos de la docencia universitaria para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos cambios impulsaron el desarrollo de materiales didácticos digitales como apoyo en la docencia con el fin de favorecer el autoaprendizaje activo de los estudiantes [3]La implementación de las TIC y la utilización de los servicios y herramientas de la Web 2.0 en las universidades, permite elaborar materiales, contenidos y otras formas de relacionarse con otras personas a distancia. Debido a la evolución de las nuevas tecnologías, las universidades han ido cambiando la metodología de la enseñanza con el fin de mejorar la calidad de la misma. En la actualidad un alumno universitario dispone de ordenadores portátiles y de acceso a internet tanto en la misma universidad como en su hogar; esto permite que él pueda prepararse una asignatura de forma autónoma sí dispone de los medios necesarios para poder hacerlo (materiales, actividades, etc.). Esto puede ayudar a aquellos estudiantes que no puedan acudir a las clases teóricas.

En ingeniería, la realización de prácticas en el laboratorio es el pilar más importante para los alumnos, ya que es aquí donde estos pueden aplicar los conocimientos adquiridos en las clases teóricas. Sin embargo, los laboratorios no siempre disponen de los puestos necesarios para que todos los alumnos de una clase puedan realizar sus prácticas, lo que termina convirtiéndose en una práctica grupal que si bien puede beneficiarlos a la hora de intercambiar ideas, puede perjudicarlos ya que en los trabajos grupales lo normal es que no todos los integrantes participen en la realización de la práctica de la misma forma.

A través de la simulación se pueden plantear modelos que se acerquen a la realidad de lo que se trabaja en el laboratorio, esto permite al alumnado recurrir a la previa simulación para afianzar sus

conocimientos e incluso completar la misma práctica en dicho entorno simulado [4]. Por ello, este trabajo tiene como objetivo principal la creación de un método de aprendizaje que contribuya a la enseñanza en la ingeniería, concretamente a los alumnos de último curso del Grado De Ingeniería Electrónica Industrial y Automática. Se empleará una herramienta creada específicamente para el autoaprendizaje y la autoevaluación, con la que el estudiante afianzará los temas teóricos y prácticos de la asignatura de Automatización Industrial Avanzada. Como herramienta complementaria para realizar este método, se utilizará un software de modelado en 3D [5]. Con este se realizará la simulación del funcionamiento de la tercera estación de la planta industrial FESTO, objeto de estudio práctico de la asignatura en cuestión [6].

En este artículo presentaremos el sistema integrado de enseñanza-aprendizaje desarrollado y su relación con los modelos y simulaciones creadas como apoyo a la enseñanza de la automatización industrial y las principales las conclusiones del trabajo.

2. SIENA

SIENA (Sistema Integrado de Enseñanza Aprendizaje) [3] es una aplicación creada por la Universidad de La Laguna, basada en web que se utiliza para evaluar las habilidades y conocimientos existentes de un estudiante, y para servir como herramienta que ayuda al autoaprendizaje y la autoevaluación, apoyándose de mapas conceptuales de la asignatura para la que se utiliza esta aplicación. Se basa en dos elementos clave: los mapas conceptuales y los tests adaptativos [7].

2.1 ¿Cómo Funciona?

SIENA está diseñado para trabajar con mapas conceptuales. Los mapas conceptuales se utilizan para organizar y representar los conocimientos de un tema concreto de manera gráfica. El uso de este tipo de herramientas mejora la comprensión y retención de las ideas, ayudan a la memorización de conceptos y relaciones, permiten personalizar el aprendizaje, la compartición de conocimiento y refuerza las habilidades del aprendizaje.

Éstos se elaboran utilizando el software CompendiumLD. Una vez que se ha elaborado el mapa conceptual, este se exporta en formato XML para insertarlo en la herramienta SIENA (Fig. 1).

SIENA identifica dentro del mapa conceptual cuáles de los conceptos que aparecen son conocidos por los estudiantes. Sin embargo, para que

sea capaz de hacer esto, primero se tienen que definir los conceptos anteriores y los conceptos objetivos que queremos evaluar dentro del mapa conceptual importado.

Luego de realizar este proceso, se realizan las preguntas sobre los conceptos de los que se va a evaluar a los estudiantes, esto permitirá al maestro identificar los conocimientos y habilidades de los alumnos para cada uno de los temas tratados en el mapa conceptual.

Las preguntas utilizadas se definen como preguntas "opción múltiple", lo que significa que al estudiante se le presenta una selección de respuestas posibles y debe seleccionar la respuesta correcta. La dificultad de las preguntas varía, por lo que en consecuencia, los parámetros para cada una de las preguntas necesitan ser definidos (entre un rango de 0 y 1), en estos se incluyen:

- El grado de correlación entre la pregunta y el concepto.
- La dificultad de las preguntas.
- La respuesta correcta.
- Conjeturas - Con esto queremos decir identificar si es fácil responder a la pregunta por confiar solo en la suerte y conjeturas.
- La estimación de los conocimientos previos llevados a cabo por el estudiante sobre este tema.
- Tiempo de respuesta (en segundos) que se les da a los estudiantes para responder a cada pregunta.

La razón de esto es que SIENA incluye una prueba de adaptación que se basa en la búsqueda de redes bayesianas (que modelan un fenómeno mediante un conjunto de variables y las relaciones de dependencia entre ellas). Es por ello que todos estos parámetros tienen que estar en su lugar para que SIENA sea capaz de estimar correctamente la capacidad y la comprensión de un concepto dado, esto depende de los resultados de la prueba de cada estudiante.

Para poder hacer esta estimación, la prueba se le presenta a los alumnos con preguntas cada vez más difíciles, es decir, si el estudiante responde correctamente, el sistema aumentará el nivel de dificultad de la pregunta siguiente; sin embargo, si en un momento dado el estudiante no responde a una pregunta correctamente, entonces el nivel de dificultad se reducirá en la siguiente pregunta.

Además de esta función, el sistema también incluye un mecanismo de tope que es útil cuando ya no es posible obtener una estimación adicional de qué tan bien se entiende un concepto, o porque la herramienta se ha quedado sin preguntas.

En la autoevaluación, SIENA solicita al profesor diseñar una tarea para que el estudiante la complete. Las tareas se definen como partes del mapa conceptual que se consideran consistentes con un nodo objetivo en particular, que será un nodo intermedio, que el estudiante espera alcanzar durante la autoevaluación, así como un nodo inicial que coincide con el último nodo del mapa que se utilizó como el nodo objetivo en una etapa anterior de la auto-evaluación.

Una tarea completada coincidirá con la totalidad del mapa conceptual. Las tareas se fijan en los casos en que un mapa conceptual es muy grande y el maestro decide que es preferible que el estudiante progrese en etapas. El proceso comienza examinando los conceptos anteriores que se definen en el mapa y luego comienza a evaluar los conceptos progresivamente en el mapa, pero solo cuando el estudiante pasa un concepto dado con una marca de por lo menos 0,5. Cuando un concepto no se ha superado con éxito, el sistema no continúa evaluando al estudiante a lo largo de la misma rama del mapa, ya que se supone que si el concepto no ha sido aprobado, tampoco lo será el siguiente.

Las pruebas pueden ser realizadas por un estudiante en particular, o por un grupo de estudiantes que trabajan juntos en una tarea de colaboración en línea. En este último, los alumnos se comunican mediante un chat de mensajería instantánea donde pueden discutir las posibles respuestas de las preguntas de la prueba.

Para los estudiantes individuales, SIENA produce la estimación de los conocimientos del estudiante mediante el uso de las respuestas a las preguntas que se presentan por la prueba.

En el caso de las pruebas en línea de colaboración, SIENA utiliza las respuestas a las preguntas para estimar el conocimiento del grupo. Además de predecir el conocimiento del grupo, también presenta el número de mensajes que se envían por cada estudiante y también el contenido de dichos mensajes.

Con esta información el profesor es capaz de evaluar objetivamente la contribución de cada estudiante durante la tarea de colaboración.

SIENA también incluye contenido para cada nodo del mapa conceptual, que ofrece la posibilidad de combinar el auto-estudio con la auto-evaluación. En realidad, el sistema está preparado para incorporar dos tipos de contenido: contenido que el alumno ha de estudiar la primera vez

que se ocupan de un concepto, o repetir el contenido que debe ser estudiado cuando un estudiante ha fallado una prueba en ese concepto [16]. Para registrarse hay que acceder a la página oficial de SIENA: <http://sienasocial.ull.es/>

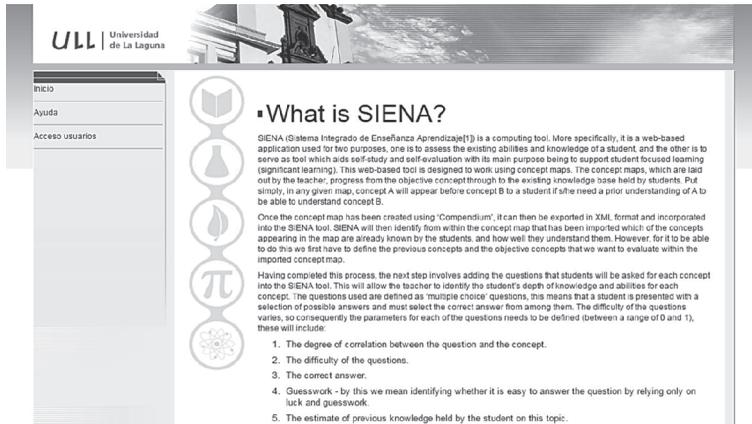


Fig. 1. Siena social.

2.2 Tests y Mapas Conceptuales

Una vez registrados en SIENA se procede a la elaboración del cuestionario para la asignatura Automatización Industrial Avanzada, como ya se ha mencionado en los capítulos anteriores. Lo primero que se debe hacer es elaborar un mapa conceptual de los conceptos que se van a tratar en la asignatura para los alumnos.

El mapa de la asignatura consta de nodos formados por un conjunto de conocimientos, habilidades, estrategias o destrezas que queremos desarrollar en el alumno. Preparar una asignatura (tema) para SIENA significa establecer un mapa conceptual jerárquico. Es decir, un mapa cuyos nodos superiores son los más complejos, y su logro o desempeño por parte del alumno, depende del logro en los nodos más simples e inferiores en el rango del mapa conceptual.

Una vez diseñado el mapa, hay que preparar contenidos de información y preguntas para cada nodo al objeto de lograr un desempeño efectivo del alumno en cada uno de ellos. SIENA se encargará de realizar los test desde los nodos inferiores o más simples a los superiores o más complejos.

El mapa conceptual se elabora con el programa CompendiumLD, que es una herramienta de software para el diseño de actividades de aprendizaje

utilizando una interfaz visual flexible, de apoyo para profesores, maestros y otras personas involucradas en la educación para ayudarles a expresar sus ideas y trazar la secuencia de diseño o de aprendizaje. Esta herramienta viene con configuraciones predefinidas para los iconos, algunos genéricos y otros específicos de diseño de aprendizaje.

Para el mapa conceptual de SIENA es necesario elaborar nodos, donde cada uno de estos represente los conceptos que se quieren tratar en la asignatura. Dicho esto, el mapa queda de la siguiente manera (Fig. 2):

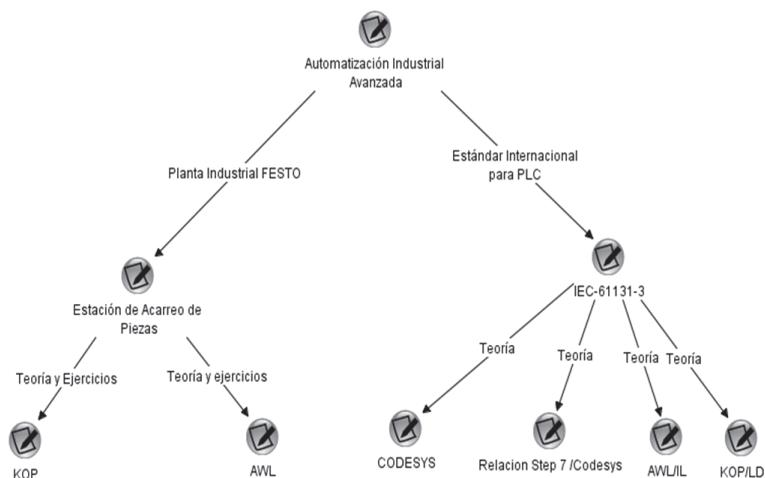


Fig. 2. Mapa Conceptual para SIENA creado en CompendiumLD.

Una vez creado el mapa, se exporta en formato XML para subirlo a la plataforma de SIENA. Luego, se procede a la elaboración del cuestionario. Para ello hay que acceder a SIENA como profesor, como se mencionó anteriormente. Luego hay que matricularse y acceder a la asignatura para la que se realiza el cuestionario, en este caso Automatización Industrial Avanzada.

Además, existen diferentes listas: de grupos, de alumnos, de nodos y de preguntas. En “Lista de grupos” se puede crear grupos de alumnos, ver los grupos para comprobar los integrantes del mismo, editar para añadir nuevos alumnos al grupo, o eliminar un grupo que se ha creado previamente. En “Lista de alumnos” están los alumnos matriculados en la asignatura. En la “Lista de nodos” se encuentran los conceptos que se importan desde el mapa conceptual. En la “Lista de preguntas” se pueden ver todas las preguntas elaboradas para la asignatura. Además, se puede ver el “Mapa de la asignatura”, que es la imagen del mapa conceptual que se importa a SIENA desde CompendiumLD. Cuando se genera la imagen aparece el siguiente mapa (Fig. 3):

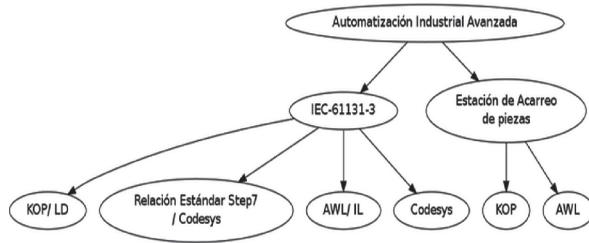


Fig. 3. Vista del mapa de la asignatura en SIENA

Luego de generar la imagen, ya se puede proceder a elaborar las preguntas para el cuestionario; esto se hace accediendo a la sección “lista de preguntas de la asignatura”.

La pregunta se redacta en el campo “contenido”. El tiempo de respuesta que tienen los alumnos para la pregunta se mide en segundos. En la respuesta correcta se debe incluir el número de la respuesta correcta menos uno, es decir, si la pregunta correcta es la tercera en esta casilla se pondrá el número dos. En “dificultad” se añade un número comprendido entre 0 y 1, donde el 0 significa poco grado de dificultad y 1 mayor grado de dificultad. La casilla adivinanza representa la probabilidad de acertar en caso de no saber la respuesta. El rango es de 0 a 1. Por otra parte, SIENA permite la posibilidad de insertar un archivo a la pregunta. A continuación se muestra una de las preguntas elaboradas para el cuestionario (Fig. 4):







Contenido: Indique el nombre del temporizador, que se muestra a continuación, utilizado en Step 7 y la instrucción con la que se accede a él, en el lenguaje AWL.

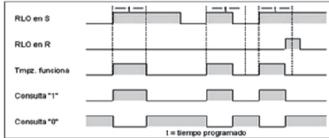
Tiempo de respuesta: 120

Respuesta correcta: 1

Dificultad: 0.5

Adivinanza: 0.25

Imagen:



Keywords: Propuestos:

Creado por: Reymar Andrea Vargas Iniesta

Asignatura: Automatización Industrial Avanzada

Respuestas

Temporizador como retardo a la desconexión, instrucción "SA"

Temporizador como impulso, instrucción "SI"

Temporizador como retardo a la conexión con memoria, instrucción "SS"

Ninguna de las anteriores

Fig. 4. Pregunta creada en SIENA.

Cuando se redacta una pregunta, esta debe relacionarse con alguno de los nodos de la asignatura. En este caso la pregunta está relacionada con el

lenguaje de programación AWL. Cuando se accede al enlace, aparece una lista con todos los nodos que se han creado en SIENA (Fig. 5).

Asociar nuevo nodo a la pregunta

Nodo:

<input checked="" type="checkbox"/>	Asignatura	Contenido
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	KOP/LD
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	KOP
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	AWL
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	Relación Estándar Step7 / Codesys
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	Automatización Industrial Avanzada
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	IEC-61131-3
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	AWL/ IL
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	Estación de Acarreo de piezas
<input type="checkbox"/>	Automatización Industrial Avanzada	Codesys

Dependencia:

Fig. 5. Nodos disponibles para la asignatura.

Dentro de esta lista se puede ver la opción “Dependencia”. Esta relaciona el contenido de la pregunta con el nodo. El rango de dependencia es de 0 a1. Una vez asociado el nodo a la pregunta y la dependencia entre ellos, aparecerá un recuadro en la parte inferior de la pregunta con la relación que se hizo anteriormente (Fig. 6). Este proceso se debe seguir para cada una de las preguntas elaboradas, que en nuestro caso han sido en total 88 preguntas. (Fig. 7).

Nodos relacionados

Asignatura	Nombre	Editar relación entre el nodo y la pregunta	Borrar relación entre el nodo y la pregunta	Editar nodo	Dependencia
Automatización Industrial Avanzada	AWL	Editar	Borrar	Editar	1.0

1-1 / 1

Fig. 6. Nodos relacionados.

Lista de preguntas de la asignatura

Nombre	Usuario	Ver	Editar	Borrar	
<input type="text"/>	<input type="text"/>				
¿Qué tipo de contador se representa en la siguiente imagen?	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
¿Qué operación lógica estamos empleando en el siguiente network?	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
Las bobinas pueden ir precedidas y seguidas de contactos	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
Las subrutinas sirven para estructurar un programa en bloques más pequeños, por lo que realizar las tareas de comprobación y mantenimiento del programa es mucho más complejo.	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
En el software de programación Step 7 Microwin ¿qué se entiende por subrutina?	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
Existen tres tipos de subrutinas: Llamadas múltiples, Anidadas y de Final múltiple	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
La operación RET se utiliza como la última instrucción de una subrutina y devuelve esta al sitio correcto del programa de invocación.	Reymar	Ver	Editar	Borrar	
Identifica a qué tipo de temporizador pertenece el siguiente esquema.	Reymar	Ver	Editar	Borrar	

Fig. 7. Lista de preguntas.

Cuando un alumno accede a SIENA y se matricula en una asignatura, se encuentra con las siguientes listas: lista de trabajos, lista de grupos y lista de asignaturas. En la Lista de trabajos el alumno puede ver los nodos relacionados con la asignatura y el contenido que debe leer (Fig. 8). En caso de que el alumno todavía no haya realizado el cuestionario aparece la opción “contenidos” en el que se puede ver el material que el profesor añade para que se preparen antes de hacer el cuestionario, si por el contrario el alumno ya ha realizado el cuestionario y desea repetirlo, aparece la opción “contenidos (recuperación)”. También se puede acceder al cuestionario y a la Lista de Grupos, donde aparecen los grupos formados por el profesor, que sean necesarios para un trabajo en concreto.

chat window

Lista de trabajos de Reymar Vargas para Automatización Industrial Avanzada

Nodo	Conocimiento previo		
KOP/LD	0.0	TestContenidos(recuperación)	No Pasado/Ver tests
KOP	0.0	TestContenidos(recuperación)	No Pasado/Ver tests
AWL	0.0	TestContenidos(recuperación)	No Pasado/Ver tests
Relación Estándar Step7 / Codesys	0.0	TestContenidos	No Pasado
Automatización Industrial Avanzada		Contenidos	No Pasado
IEC-61131-3	0.0	Contenidos	No Pasado
AWL/IL	0.0	TestContenidos	No Pasado
Estación de Acarreo de piezas	0.0	Contenidos	No Pasado
Codesys	0.0	TestContenidos	No Pasado

Atrás

Fig. 8. Lista de trabajos de la asignatura para un alumno.

Además, en la lista de asignaturas el alumno tiene la posibilidad de ver todas las asignaturas a las que se puede matricular.

La pregunta vista por los alumnos queda de la siguiente manera (Fig. 9):

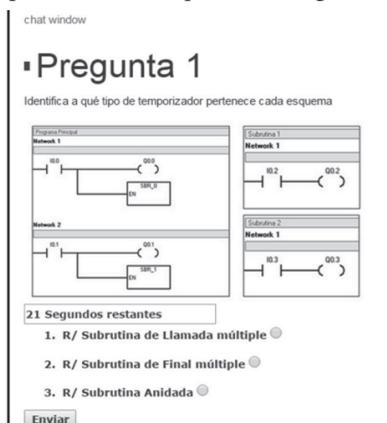


Fig. 9. Pregunta del cuestionario vista por el alumno.

2.3 Modelos y Simulaciones Integradas en SIENA

Algunas de las preguntas que se elaboran en SIENA incluyen archivos multimedia como imágenes y vídeos. En la pregunta anteriormente citada se puede observar que la herramienta permite insertar imágenes y enlaces a diferentes ficheros. Es por ello que se decidió crear un canal en Youtube, un sitio web en el cual los usuarios pueden subir y compartir vídeos (Fig. 10). En este canal se comparten los videos de la simulación creados en Inventor para el cuestionario. En el caso en el que sea necesario que el alumno trabaje apoyándose de vídeos, se les dejará el enlace al que tienen que ir para poder verlos y a continuación pueda responder a la pregunta planteada. En este canal se encuentran los vídeos de la simulación realizados en programa Inventor.



Fig. 10. Canal de Youtube.

A continuación se muestra un ejemplo en el que el alumno se debe dirigir al enlace para responder a la pregunta que se le plantea (Fig. 11):

Contenido: En el siguiente enlace se puede observar el estado inicial de la tercera estación de la planta Festo : https://www.youtube.com/watch?v=U_nNbaV5VwI ¿Cuál de los siguientes networks cumple las condiciones iniciales?

Tiempo de respuesta: 120
Respuesta correcta: 0
Dificultad: 0.0
Adivinanza: 0.5

Imagen:

Keywords: Propuestos:

Creado por: Reymar Andrea Vargas Iniesta
Asignatura: Automatización Industrial Avanzada

Respuestas
El uso de la marca SM0.1 implica que sólo se pondrá a 1 en el primer ciclo. Si se utilizan bobinas de asignación simple, la acción se realizará sólo una vez. El elemento vertical no se retrae. Por lo que la opción "a" es la correcta. La opción "b" es la correcta porque sólo es necesario que la línea se cumpla una sólo vez y es al principio del ciclo, después no hace falta.

Fig. 11. Preguntas con enlace a Youtube.

3. Conclusiones

En este trabajo hemos presentado un sistema inteligente de apoyo a la enseñanza llamado SIENA, y su aplicación a una asignatura de Ingeniería Industrial: Automatización Industrial Avanzada.

Este programa se basa en el uso de mapas conceptuales y tests adaptativos, los cuales han sido desarrollados e implementados en el sistema. Además, se han agregado el uso de elementos multimedia en los tests implementados a través de la realización del modelado y simulación de una estación de la planta didáctica FESTO: acarreo de piezas. Los programas de modelado CAD 3D y diseño paramétrico permiten modelar, visualizar y simular procesos reales. El software de modelado en 3D elegido para realizar el trabajo fue Autodesk Inventor.

El objetivo de enseñanza era que los estudiantes conocieran el estándar Internacional IEC 61131-3, y supieran aplicarlo dentro del software CoDeSys. Ambos contenidos no se encuentran en el temario de la asignatura ni de la carrera, debido a los laboratorios emplean tecnología propietaria SIEMENS y la familia de sus autómatas. Por tanto, a través de este trabajo, los estudiantes pueden familiarizarse con otros entornos de programación abiertos y relacionados con los estándares de la industria, y

al mismo tiempo compararlos con los sistemas físicos utilizados en los laboratorios reales. Además, permite que los estudiantes estén mejor preparados a la hora de enfrentarse en la planta real en el laboratorio, disminuyendo las horas de trabajo en el laboratorio dedicadas a la familiarización.

Por último, a través de dicha herramienta, el profesor puede definir los objetivos a alcanzar por el estudiante, además permite a los alumnos el estudio de una forma autónoma, logrando así profundizar sus conocimientos en un tema determinado.

Referencias

- [1] Bates, T. (2009). Can or Should e-Learning Improve the Cost-Effectiveness of Higher Education?. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*. Vol. 6. No. 10. ISSN 1550-6908.
- [2] González C.S. (2014). Strategies to Work on Creativity in Higher Education Design Thinking, Game and Project Based Learning. *Revista de Educación a Distancia (RED)*. Número 40. URL: <http://www.um.es/ead/red/40>.
- [3] Moreno L., González C.S., González E., Popescu B., Groenwald C. (2013). Teaching Computer Architecture using a collaborative approach: the SIENA tool, tutorial sessions and problem solving, *International Journal of Engineering Education*, v. 29, pp. 1-10.
- [4] Moreno L., Gonzalez C., Castilla I., Gonzalez E., Sigut J. (2007). Applying a constructivist and collaborative methodological approach in engineering education. *Computers & Education* 49 (3), 891-915.
- [5] Estévez R. & González C.S. (2014). El objeto de aprendizaje audiovisual: un estudio cuasi-experimental sobre su valor pedagógico. En *Actas de las V Jornadas Internacionales de Campus Virtuales*, Ciudad de Panamá, Panamá. DOI: 10.13140/2.1.2635.1046.
- [6] Lotero J. & Vargas R. (2015). Herramienta de apoyo a la enseñanza del estándar IEC 61131 basada en la automatización y simulación de la tercera estación de la planta Festo. Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Industrial Especialidad Electrónica Industrial y Automática. Escuela de Ingeniería y Tecnología. Universidad de La Laguna.
- [7] Moreno, L., González, C. S., Estévez, R., & Popescu, B. (2011). Intelligent Evaluation of Social Knowledge Building Using Conceptual Maps with MLN. In EDM (pp. 343-344).