



MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE  
VICERRECTORADO DE INNOVACIÓN Y CALIDAD DOCENTE  
XIII CONVOCATORIA (2011-2012)

## DATOS IDENTIFICATIVOS:

### 1. Título del Proyecto

**Desarrollo de laboratorios virtuales para docencia en automatización y control de procesos**

### 2. Código del Proyecto

115009

### 3. Resumen del Proyecto

El proyecto realizado ha consistido en el desarrollo de una serie de laboratorios virtuales destinados fundamentalmente a la docencia práctica de asignaturas relacionadas con la automatización industrial y el control de procesos, integradas fundamentalmente en los planes de estudio de los Grados de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica Industrial. Obviamente, se pretende un mayor aprovechamiento y aprendizaje de los contenidos de las asignaturas mencionadas. Los laboratorios virtuales realizados representan ejercicios y supuestos prácticos que simulan procesos o plantas reales (existentes o no) de diferentes ámbitos, que pueden ser usados por los alumnos para desarrollar sus soluciones de automatización y que, posteriormente, sirvan para su evaluación. De este modo, se consigue gran flexibilidad y obviar el problema de la posible falta de disponibilidad de procesos reales en laboratorio sobre los que los alumnos puedan trabajar (ahorro de medios). Además, dado que se puede diseñar la simulación virtualmente de cualquier proceso, se pueden generar gran cantidad de problemas diferentes (a resolver de forma individual o en grupo), solamente limitados por la imaginación del diseñador, de forma que el abanico de posibilidades es infinito. Por otra parte, las herramientas empleadas permiten la parametrización y configuración de dichas simulaciones, de forma que pueden modificarse con facilidad los modelos para generar problemas distintos, con diferentes niveles de complejidad, así como "conectarlas" a un PLC real (en laboratorio) o simulado (en el propio PC del alumno) y, por extensión, a un software SCADA de supervisión y monitorización. De este modo, pueden plantearse ejercicios de sólo programación de PLCs (a alto o bajo nivel), sólo de diseño de SCADAs o ambos simultáneamente.

Para el desarrollo de los laboratorios se ha empleado la herramienta SIMIT SCE de Siemens (cuya compra ha sido financiada con el presente proyecto), que está específicamente diseñada para estos fines y se integra completamente en la plataforma hardware/software de automatización que ofrece dicho fabricante (PLCs S7-300, S7-400, STEP 7, PLCSim, etc.). Dicha herramienta permite el diseño de las simulaciones por parte del profesor y su posterior distribución entre los alumnos para que éstos experimenten y ensayen sus soluciones, tanto de forma presencial como no presencial.

### 4. Coordinador del Proyecto

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
Jorge E. Jiménez Hornero	Informática y Análisis Numérico	054	PDI

### 5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
Francisco J. Vázquez Serrano	Informática y Análisis Numérico	054	PDI
Juan Garrido Jurado	Informática y Análisis Numérico	054	PDI
Mario Luis Ruz Ruiz	Informática y Análisis Numérico	054	Beuario
Ángel Ruiz Moreno	Informática y Análisis Numérico	054	Beuario

## **6. Asignaturas afectadas**

<b>Nombre de la asignatura</b>	<b>Área de conocimiento</b>	<b>Titulación/es</b>
Automática	Ing. Sistemas y Automática	Grados en Ing. Electrónica Industrial Ing. Eléctrica e Ing. Mecánica
Automatización Industrial	Ing. Sistemas y Automática	Grados en Ing. Electrónica Industrial e Ing. Eléctrica
Sistemas Automatizados Regulación Automática	Ing. Sistemas y Automática Ing. Sistemas y Automática	Grado en Ing. Electrónica Industrial Grados en Ing. Electrónica Industrial e Ing. Eléctrica
Ingeniería de Control Modelado y Simulación de Sistemas Dinámicos	Ing. Sistemas y Automática Ing. Sistemas y Automática	Grado en Ing. Electrónica Industrial Ing. Automática y Electrónica Industrial
Sistemas de Producción Integrados Regulación Automática	Ing. Sistemas y Automática Ing. Sistemas y Automática	Ing. Automática y Electrónica Industrial Ing. Técnico Industrial Especialidad Electrónica Industrial

## MEMORIA DE LA ACCIÓN

### 1. **Introducción** (justificación del trabajo, contexto, experiencias previas etc.)

El desarrollo de las competencias previstas en los planes de estudio de los Grados de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Electrónica Industrial incluye de forma fundamental aquéllas relacionadas con la formación del alumnado en el desarrollo de soluciones de automatización y control de procesos. De hecho, se consideran competencias esenciales (específicas comunes y específicas de cada Grado) que, con toda probabilidad, serán de aplicación en la futura labor profesional de estos graduados. Por otro lado, existen otras competencias, también de gran importancia (consideradas básicas) y relacionadas con las anteriores, enfocadas en la adquisición de capacidades de trabajo en equipo, así como de organización y planificación de tareas y resolución de problemas y/o supuestos prácticos. Todo esto se traduce en que es necesario que el alumno adquiera los conocimientos sobre conceptos, técnicas e ideas para el diseño y desarrollo de proyectos de automatización y, de forma aún más importante, de ser capaz de aplicarlos en la práctica a problemas reales. Para adquirir dichos conocimientos se considera indispensable el desarrollo de habilidades en la programación de PLCs (autómatas programables) y el diseño de sistemas SCADA (sistemas de supervisión, monitorización y adquisición de datos) en el control de procesos. En este sentido, el problema fundamental que se plantea es la disponibilidad en un laboratorio docente, principalmente por motivos económicos y de espacio, de un número adecuado de plantas o procesos reales de diferentes ámbitos sobre los que trabajar (fundamentalmente equipos didácticos que los asemejan). Esta cuestión se antoja fundamental, ya que es importante que el alumno pueda apreciar el impacto que tienen en dichos procesos los programas de automatización que lleve a cabo, así como de las aplicaciones de supervisión y monitorización. Además, el uso de plantas reales supone trabas a la flexibilidad, fundamentalmente en cuanto a la naturaleza de los procesos con los que trabajar y los distintos problemas a resolver que se pueden plantear, así como por la dificultad para la depuración de los programas de automatización con los que se experimenta directamente sobre dichos procesos. En último término, se trata de las limitaciones de uso práctico que surgen con este tipo de equipos aunque, lógicamente, tampoco pueden obviarse sus ventajas en determinadas circunstancias.

Desde el punto de vista docente, para las cuestiones que se están planteando aquí, interesaría que los procesos de trabajo fueran lo más fieles posible a la realidad industrial y que pudiera adaptarse su complejidad en función de las necesidades (nivel de conocimientos del alumnado, planteamiento de problemas iniciales sencillos que se van complicando, desarrollo del temario de una asignatura, etc.), principalmente añadiendo características y/o restricciones de funcionamiento. En este contexto, es claro que una alternativa al empleo de plantas reales consiste en simularlas, orientando los modelos específicamente a problemas de automatización e imponiendo las restricciones mencionadas anteriormente. La disponibilidad de herramientas software que permitieran de manera sencilla llevar a cabo estas tareas y que se integraran de forma transparente con las disponibles para desarrollar los proyectos de automatización, supondrían una ayuda inestimable para el docente de las asignaturas implicadas. En este sentido, Siemens proporciona el paquete SIMIT SCE en el contexto de sus soluciones de automatización SIMATIC, que cumple con los requisitos indicados. Aparte de por sus características idóneas, se ha optado por esta herramienta por pertenecer al entorno hardware/software de que dispone el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática, hecho reforzado por la existencia de un convenio de colaboración entre dicha empresa y la Universidad de Córdoba.

En el proyecto realizado y descrito en la presente memoria se hace uso de la herramienta indicada para desarrollar una serie de laboratorios virtuales (o procesos simulados), enfocados específicamente a la resolución de ejercicios y supuestos prácticos de automatización industrial y control de procesos que, entre otras cuestiones, servirán como instrumento de evaluación de las competencias que ha de adquirir el alumnado.

2. **Objetivos** (concretar qué se pretendió con la experiencia)

Como se desprende de lo comentado anteriormente, el objetivo principal del presente proyecto consiste en el desarrollo de una serie de simulaciones o laboratorios virtuales de procesos o plantas reales destinados a ejercicios, proyectos para trabajo individual o en equipo, prácticas e incluso problemas de examen de asignaturas de automatización industrial y control de procesos de los Grados de Ingeniería de la rama industrial. Para ello se ha empleado una herramienta específica que cumple con los siguientes objetivos que también se pretenden:

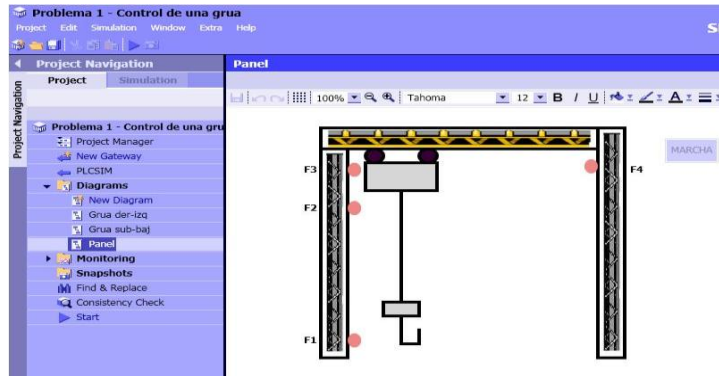
- Generación de modelos de gran fidelidad de los procesos o plantas que se desean simular, de forma que se asemejen en gran medida a sus equivalentes reales.
- Posibilidad de adaptación de la complejidad de los modelos, según las necesidades que estime el docente.
- Posibilidad de que los modelos puedan interactuar tanto con PLCs reales como simulados (esta última opción permite no tener que trabajar en laboratorio con el autómatas programable, sino sólo con un PC).
- Integración con el entorno SIMATIC de Siemens, lo que significa que el alumno no tiene que cambiar de aplicaciones software (STEP 7, PLCSim, etc.) ni de plataforma hardware (S7-300, S7-400, etc.) para trabajar con las simulaciones, teniendo en cuenta lo que se le imparte en las asignaturas implicadas (en las que se trabaja con dicho entorno).
- Posibilidad de trabajo autónomo del alumno, mediante la distribución de los modelos que diseñe el profesor. De este modo, este último genera los modelos con la herramienta específica y después publica (por ejemplo, mediante plataformas de enseñanza virtual) un “ejecutable” que los alumnos pueden utilizar para sus desarrollos y experimentar con él en su propio PC.

3. **Descripción de la experiencia** (exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia)

En este epígrafe se describen algunos de los modelos desarrollados indicando, de forma resumida, el funcionamiento de los procesos que simulan y las posibilidades de operación o interacción que ofrecen cada uno de ellos. Adicionalmente, se incluye una captura del panel de operador diseñado para los mismos. Por razones de espacio de esta memoria, otros modelos generados no se describen con detalle, sino que sólo se enumeran.

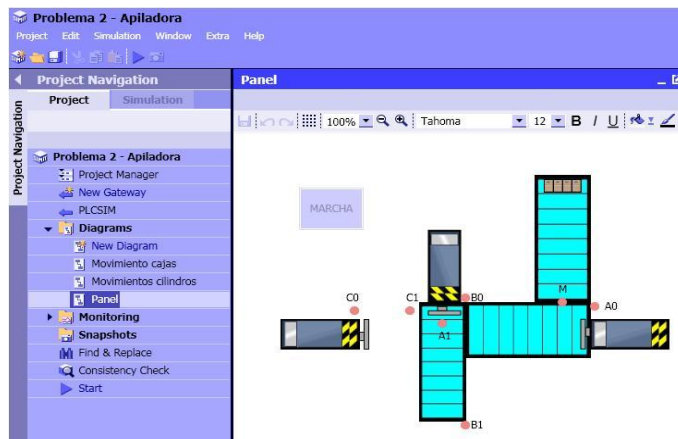
- **Control de una grúa**

El proceso consiste en el movimiento de ida y vuelta, con una espera intermedia entre una y otra, de una grúa que tiene que pasar obligatoriamente por una serie de posiciones una vez que se activa un pulsador de arranque. Cuando se vuelva a alcanzar la posición inicial la grúa se detendrá. El panel de operador diseñado en SIMIT para este problema imita el proceso real incluyendo explícitamente los finales de carrera (que aparecen nombrados), así como el pulsador de marcha.



### - Apiladora

En este proceso un pulsador de marcha activa secuencialmente una serie de cintas transportadoras, en función de la llegada de paquetes a unos fines de carrera. El proceso puede configurarse para que en un ciclo se desplace un solo paquete o para que se transporten varios simultáneamente. Además, el pulsador de arranque pueda configurarse como de inicio de proceso o como comienzo de ciclo (es necesario pulsarlo cada vez que llega un nuevo paquete).



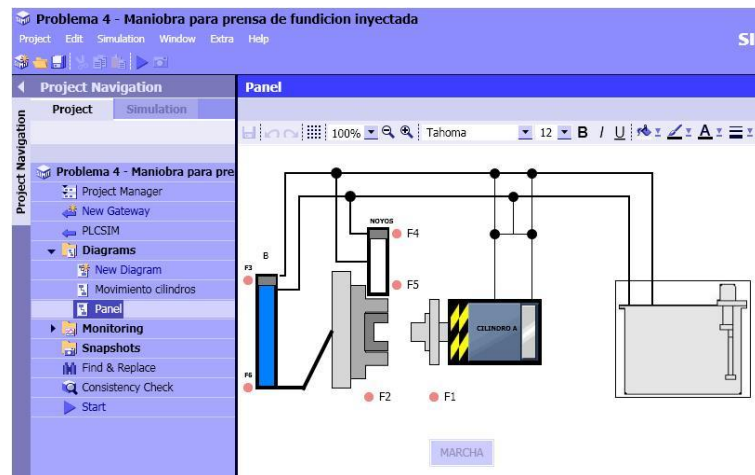
### - Control de seis cilindros neumáticos

En este proceso, de gran flexibilidad desde el punto de vista de la programación, se disponen 6 cilindros neumáticos para desplazamiento de mercancías con sus correspondientes fines de carrera. El problema planteado consiste en hacer avanzar y retroceder los cilindros en una secuencia determinada, una vez que se activa la orden de marcha.



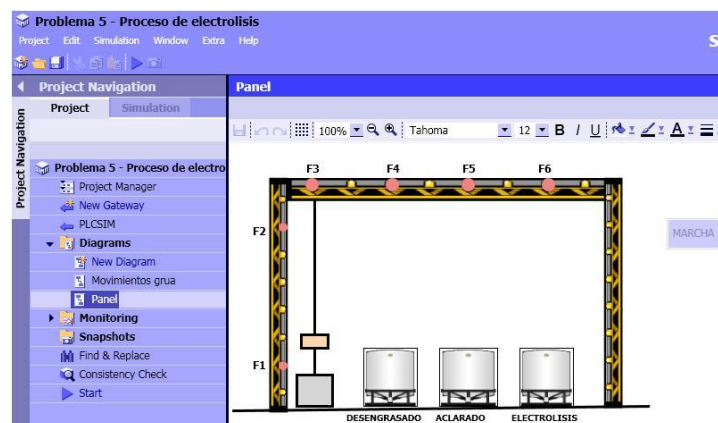
### - Maniobra para prensa de fundición

Se pretende automatizar el ciclo de una máquina de prensado consistente en: cierre del molde, dosificación del plástico fundido a inyectar, inyección del plástico, pausa para que no queden burbujas de aire en la pieza, introducción de noyos para configurar la pieza, pausa para permitir la solidificación, apertura de noyos, apertura de molde y expulsión de la pieza antes de comenzar un nuevo ciclo. Lógicamente, existe un pulsador de marcha para iniciar todo el proceso, que puede servir para comenzar cada ciclo o todo el proceso ininterrumpidamente (en cuyo caso, durante la marcha, se convierte en un pulsador de paro).



### - Proceso de electrólisis

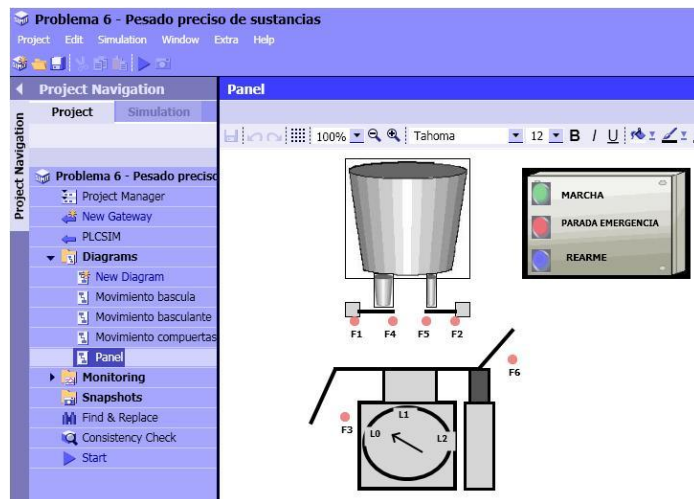
El proceso se aplica en este caso al tratamiento de superficies, con el fin de hacerlas resistentes a la oxidación. El sistema consta de una grúa que va desplazando las piezas y sumergiéndolas en tres baños (desengrasado de piezas, aclarado de piezas y baño electrolítico). En el último de ellos las piezas deben permanecer sumergidas un tiempo predeterminado para conseguir la uniformidad en el tratamiento de su superficie.



### - Pesado preciso de sustancias

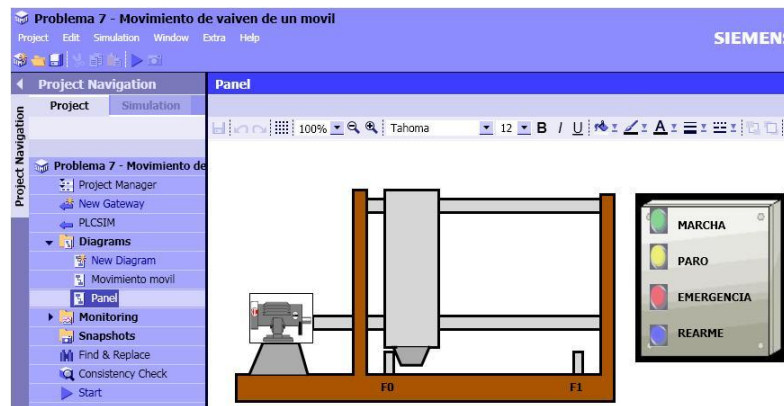
El proceso consiste en una tolva con dos compuertas cuya apertura provoca el trasvase de una determinada sustancia a una báscula, en mayor o menor cantidad. Inicialmente, al activar el pulsador de marcha, se abren las dos compuertas para, posteriormente, desactivar la que trasvasa mayor cantidad cuando en la báscula se alcanza un peso L1. De este modo, sólo queda abierta la compuerta que trasvasa menos cantidad, la cual se desactiva cuando se alcanza el peso L2 en la báscula. Una vez llegado a este punto, debe vaciarse la báscula, que volverá a su posición de reposo y habrá de activarse nuevamente el pulsador de marcha para

reiniciar el ciclo. Por otro lado, existe un pulsador de emergencia que cierra las dos compuertas en cualquier momento del ciclo, siendo necesaria la activación del pulsador de rearme para continuarlo por el punto en que se interrumpió.



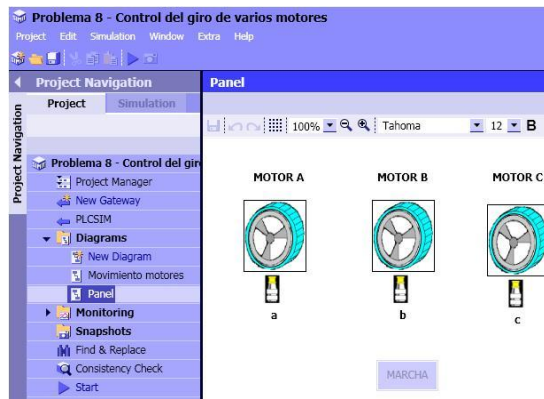
#### - **Movimiento de vaivén de un móvil**

Un móvil se desliza por un husillo movido por un motor de doble sentido de giro. El móvil debe realizar un movimiento de vaivén continuado desde el momento en que el sistema reciba la orden de puesta en marcha. Existe un pulsador de parada que debe detener el motor, pero sólo al finalizar el movimiento de vaivén ya iniciado. Asimismo, existe un mando de emergencia que debe provocar el retroceso inmediato del móvil a la posición de origen, no pudiendo volverse a poner en marcha a no ser que se pulse el rearme.



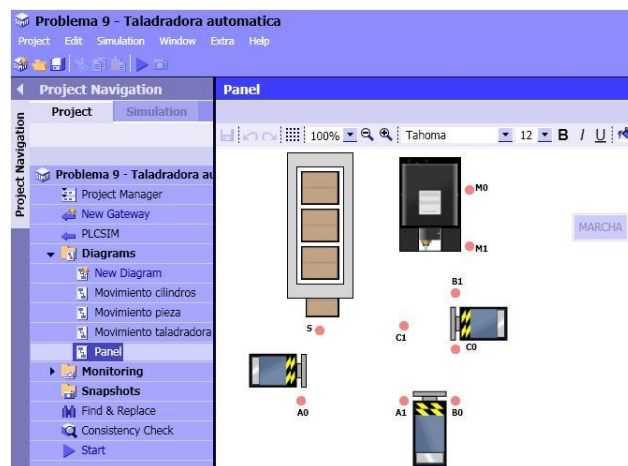
#### - **Control de giro de varios motores**

El proceso consiste en la activación secuencial de una serie de motores cuyo funcionamiento se detiene cuando se alcanzan determinados finales de carrera. El sentido de giro, las posiciones de los fines de carrera y la secuencia de encendido son configurables. En cualquier caso, el accionamiento de un pulsador de puesta en marcha hace que se ponga en funcionamiento el sistema.



### - Taladradora automática

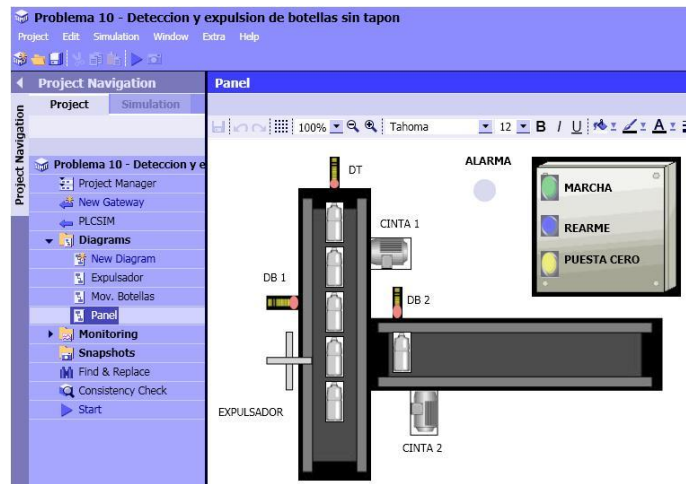
En este proceso se almacenan una serie de piezas en un conducto alimentador. El accionamiento del pulsador de marcha desencadena el funcionamiento secuencial de una serie de cilindros neumáticos que desplazan cada pieza bajo una taladradora. Una vez detectada, ésta practicará un par de orificios sobre la pieza, para lo cual es necesario que se modifique su posición con los accionamientos adecuados. Finalizado el ciclo, comenzará de nuevo con la siguiente pieza.



### - Procesado de botellas

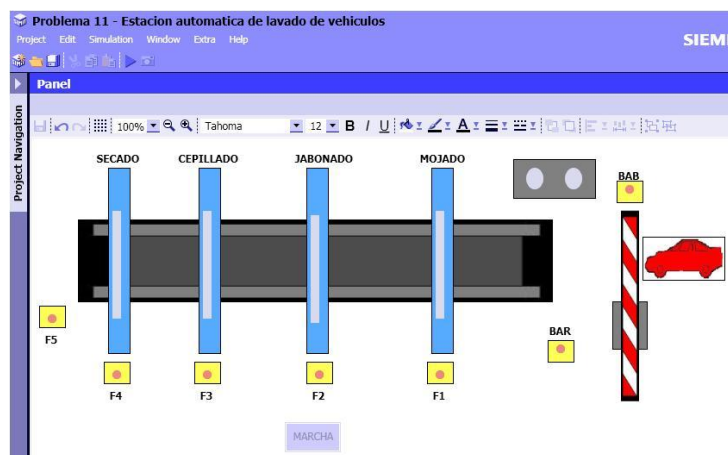
Una de las fases de producción en una cadena de embotellado, consiste en la colocación de un tapón en la botella una vez finalizada la secuencia de llenado. En el proceso bajo estudio las botellas se desplazan por una cinta, separadas por la misma distancia y a velocidad constante. Se trata de detectar y sacar de la cadena las botellas que salgan de la fase de cierre sin el correspondiente tapón. Además, si en un determinado periodo de tiempo se rechazan más de 3 botellas seguidas, debe activarse una alarma (que precisará de un rearme para volver a activar el ciclo). Para la detección de la botella defectuosa se conjugan las acciones de detección de un sensor inductivo, que detecta la presencia del tapón, y de un equipo fotoeléctrico que señala la presencia de las botellas.





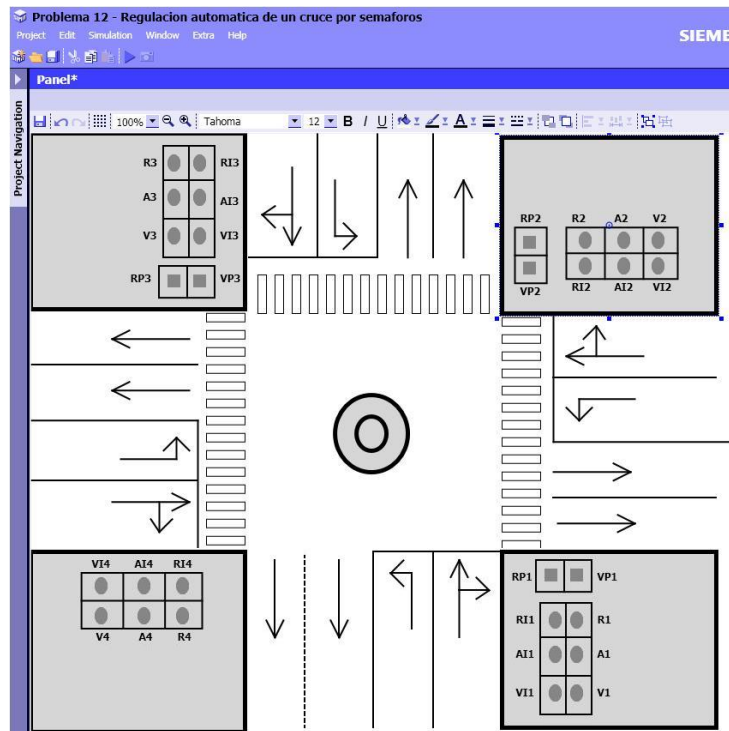
### - Estación automática de lavado de vehículos

En el lavadero automático que se pretende automatizar, la activación de pulsador de marcha implicará la puesta en verde del semáforo, la activación de una cinta transportadora y la apertura de una barrera. Una vez que el vehículo haya pasado por un fotodetector, se bajará la barrera y se pondrá el semáforo en rojo. Posteriormente, el vehículo pasará por diferentes zonas (mojado, enjabonado, cepillado y secado), permaneciendo la cinta transportadora activa hasta que pase por la última.



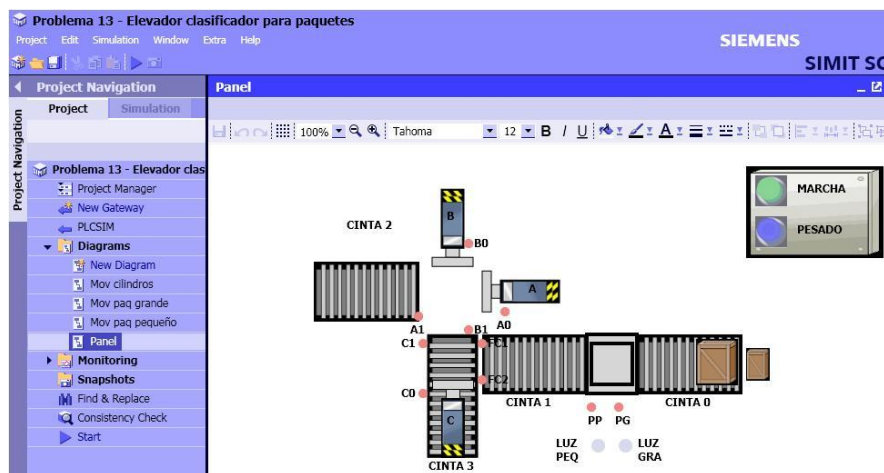
### - Regulación automática de un cruce con semáforos

El sistema regula automáticamente el cruce de dos calles perpendiculares, en las que se permite circulación en ambos sentidos, así como giros a derechas e izquierdas de una calle a otra. Para el control del cruce se emplean una serie de semáforos, cuya disposición y número es configurable.



#### - Elevador clasificador para paquetes

Al activar el pulsador de marcha se activa una cinta transportadora que acarrea paquetes grandes y pequeños. Una báscula determina el tipo de paquete y los hace circular por otras sendas cintas después de elevarlos accionando un cilindro. Una vez en el plano superior, la colocación adecuada de los paquetes grandes y pequeños se efectúa con otros dos cilindros.



Además de estos modelos, se han desarrollado otros que se enumeran a continuación y que no se describen en detalle por razones de extensión de la presente memoria. Son los siguientes:

- Control de temperatura de líquido.
- Dosificador-mezclador automático.
- Máquina de llenado y cierre.
- Llenado y vaciado de silos de cereales.
- Llenado de contenedores.
- Mezcladora para líquidos.

De forma complementaria, se han modelado también los subprocesos correspondientes a cada una de las estaciones que conforman la planta FMS-200 de SMC, disponible en el Área de Ingeniería de Sistemas y Automática de la UCO. Esta planta simula el proceso completo de fabricación y almacenamiento de rodamientos, disponiendo de gran cantidad de sensores y actuadores de diferentes tecnologías que lo convierten en un equipo didáctico de gran interés. Las estaciones que conforman la célula de fabricación son: alimentación de bases, montaje de rodamientos, colocación de tapas, montaje de tornillos y almacenamiento.

4. **Materiales y métodos** (describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado)  
Para el desarrollo de los laboratorios virtuales descritos en el epígrafe 3 se empleó la siguiente metodología:

- Selección de los procesos o plantas cuyos modelos se desean generar, en función de las necesidades que se planteen los docentes de las asignaturas implicadas. Se ha procurado que exista diversidad en la naturaleza de los procesos mencionados (electromecánicos, térmicos, químicos, etc.), de forma que el alumno pueda trabajar con diferentes ámbitos de la realidad industrial.
- Planteamiento de las posibles modificaciones o adaptaciones de los modelos para alterar su complejidad, de forma que el alumno tenga en cuenta en sus soluciones de automatización restricciones adicionales o variación en las condiciones de funcionamiento. De este modo, el alumno va perfeccionando sus desarrollos a partir de soluciones más simples y va captando esta metodología de trabajo.
- Diseño, implementación y puesta a punto de los modelos planteados teniendo en cuenta lo indicado en los dos puntos anteriores. Para ello, el profesor utilizará la aplicación específica indicada en los epígrafes 1 y 2 para, posteriormente, distribuir a los alumnos los modelos creados.
- Desarrollo de proyectos de automatización, tanto de programación como de supervisión y monitorización (SCADA), para la comprobación del correcto funcionamiento de los modelos generados, depurándolos en caso necesario. Estos proyectos serán creados por un número reducido de personas (típicamente los profesores de las asignaturas) y permitirán, además, valorar la forma más adecuada de aplicar las simulaciones creadas a la metodología de trabajo de las asignaturas, teniendo en cuenta los grupos de trabajo que se deseen plantear.

En cuanto a los materiales empleados, fundamentalmente se trata de software. Concretamente, el paquete SIMIT SCE (para el desarrollo de los modelos de simulación), la aplicación STEP 7 (para los programas de automatización) y PLCSim (que permite la simulación de un PLC real de las series S7-300 y S7-400). También se ha empleado hardware, concretamente PLCs de Siemens que se han utilizado como controladores “conectados” a las simulaciones desarrolladas con SIMIT.

5. **Resultados obtenidos y disponibilidad de uso** (concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad)  
Tras su verificación, todos los modelos desarrollados cumplen perfectamente con su función y abarcan ampliamente los objetivos inicialmente propuestos. Está claro que son susceptibles de ampliación y también existe la posibilidad de incrementar el número de simulaciones. Todo ello quedará a criterio del profesorado en función de los resultados de la evaluación de la experiencia. Se pretende que todo el material generado se emplee, a partir del próximo curso, como apoyo a la docencia de las asignaturas implicadas. Fundamentalmente se empleará en la propuesta de ejercicios o proyectos que pueda resolver el alumno de forma

presencial o no presencial, así como para las prácticas de las mismas. Se espera que, de este modo, el alumnado pueda afianzar los conocimientos impartidos en las sesiones teóricas y se propicie un mayor aprovechamiento tanto de éstas como de las sesiones prácticas, cuestiones que se evaluarán posteriormente. Asimismo, también se espera que con esta estrategia aumente la motivación y el interés, con el objeto de obtener un mayor rendimiento, así como una mayor implicación en la metodología de trabajo en equipo. También se está elaborando documentación didáctica a modo de tutorial, que se encuentra en fase de finalización y se pondrá a disposición de los alumnos el próximo curso a través de la plataforma de enseñanza virtual de la Universidad de Córdoba. Esta documentación ilustra los modelos desarrollados y su utilización, con todas las posibilidades de que dispongan, así como un resumen de los conceptos más importantes que se pretenden abarcar. De este modo, dicha documentación constituirá material didáctico y de apoyo al estudio que redundará en una mayor comprensión.

6. **Utilidad** (comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil)

La utilidad de los modelos desarrollados es clara y ha sido expuesta a lo largo de la presente memoria. Como se ha indicado con anterioridad, el contexto fundamental de aplicación es el apoyo a la docencia de las asignaturas involucradas y a la realización de prácticas, proyectos o ensayo de determinados supuestos (sesiones teóricas, prácticas y actividades no presenciales). Por otra parte, también queda claro su aprovechamiento por parte de los alumnos pero también para el profesorado, ya que de este modo disponen de una herramienta potente y atractiva que contribuye a mejorar la calidad en la docencia.

7. **Autoevaluación de la experiencia** (señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia)

Tal y como se ha comentado en el epígrafe 5, hasta el próximo curso no se pondrán a disposición de los alumnos los modelos desarrollados, por lo que hasta ese momento no se podrá evaluar completamente el impacto que supone en el aprovechamiento y el rendimiento de los alumnos. No obstante, en dicho epígrafe se ha indicado qué aspectos relevantes se estima que se verán beneficiados con la aplicación de esta metodología. Asimismo, tal y como se ha comentado en el epígrafe 6, se espera también que resulte atractiva y de utilidad para el profesorado. Para llevar a cabo la evaluación de la experiencia se recurrirá, a criterio del profesor, a una breve encuesta interna en cada asignatura que se diseñará adecuadamente en función de lo anteriormente comentado y se distribuirá de acuerdo al desarrollo de cada una de ellas. Por otro lado, otro instrumento fundamental lo constituirá el seguimiento del trabajo de los alumnos y los resultados de las actividades de evaluación (exámenes, proyectos, trabajos, memorias de prácticas, etc.), cuyo análisis permitirá concluir si la aplicación de la experiencia ha resultado satisfactoria.

8. **Bibliografía**

“Automatización. Problemas resueltos con autómatas programables”. J.P. Romera; J.A. Lorite; S. Montoro, 1994.

"Manual de usuario. Simit SCE V7". Siemens AG, 2010.

“Manual de programación con STEP 7”. Siemens AG, 2000.

“STEP 7. Introducción y ejercicios prácticos”. Siemens AG, 2000.

“Manual de usuario estaciones FMS-200”. SMC, 2008.

**Lugar y fecha de la redacción de esta memoria**

Córdoba, a 1 de septiembre de 2012