

El aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de la EBC en la carrera de ingeniería industrial en calidad de la universidad la Salle Noroeste

María Anabell Covarrubias Couder

Anabell.covarrubias@lasallenoroeste.edu.mx

Universidad La Salle Noroeste

Cd. Obregón, Sonora-México

<https://orcid.org/0000-0001-9766-2585>

Eusebio Jiménez López

ejimenezl@msn.com

Universidad La Salle Noroeste-UTS

Cd. Obregón, Sonora-México

<https://orcid.org/0000-0001-6893-3550>

Laura Olivia Amavizca Valdez

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

lamavizca@uts.edu.mx

0000-0003-1614-110X

Cd. Obregón, Sonora-México

Helga Karina Tolano Gutiérrez

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

ktolano@uts.edu.mx

0000-0002-3848-8115

Cd. Obregón, Sonora-México

Erika Ercilia Vázquez Moreno

evazquez@uts.edu.mx

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

Cd. Obregón, Sonora-México

<https://orcid.org/0000-0002-4030-0249>

Lilia Zulema Gaytán Martínez

zgaytan@uts.edu.mx

Universidad Tecnológica del Sur de Sonora

Cd. Obregón, Sonora-México

<https://orcid.org/0000-0003-4280-6064>

RESUMEN

La Educación Basada en Competencias se perfila como un enfoque educativo para apoyar a la Educación 4.0. De la misma manera, las metodologías activas son técnicas que se están aplicando para poder formar a los ingenieros en el contexto de la Industria 4.0. En este sentido, la Universidad La Salle Noroeste desde el año 2011 tiene implementado un programa de competencias en todos sus programas académicos y capacita a sus profesores mediante un diplomado abierto. En este artículo se presentan algunos resultados de la aplicación del modelo por competencias aplicado a las carreras de ingeniería de la Universidad La Salle Noroeste. Se describe la definición del modelo de competencias lasallistas y la aplicación de las metodologías activas en materias de ingeniería. Para mostrar un caso de estudio, se tomará en cuenta el Aprendizaje Basado en Proyectos el cual fue utilizado para impulsar los aprendizajes de la materia de Automatización en la carrera Ingeniería Industrial en Calidad logrando resultados importantes. El tema tratado se refiere a la sincronización de sistemas productivos.

Palabras clave: *educación basada en competencias; educación en ingeniería; metodologías activas; aprendizaje basado en proyectos*

Project based learning: a CBE experience in the industrial quality engineering program at universidad la Salle Noroeste

ABSTRACT

Competency-Based Education is emerging as an educational approach to support Education 4.0. In the same way, active methodologies are techniques that are being applied to train engineers in the context of Industry 4.0. In this sense, Universidad La Salle Noroeste since 2011 has implemented a program of competencies in all its academic programs and trains its professors through an open diploma course. This article presents some results of the application of the competency model applied to engineering programs at Universidad La Salle Noroeste. The definition of the Lasallian competency model and the application of active methodologies in engineering subjects are described. In order to show a case study, Project Based Learning will be considered, which was used to promote learning in the subject of Automation in the Quality Industrial Engineering career, achieving important results. The case of study concerns the synchronization of production systems.

Keywords: *competency-based education; engineering education; active methodologies; project-based learning.*

Artículo recibido 15 febrero 2023

Aceptado para publicación: 15 marzo 2023

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el vertiginoso desarrollo del conocimiento científico y tecnológico ha tenido un enorme impacto en todos los ámbitos de las sociedades enormemente especializadas y diferenciadas, especialmente en el ámbito educativo. Las nuevas generaciones de alumnos están rodeadas por nuevas tecnologías, por lo que es necesario asociar nuevas prácticas y métodos de enseñanza a su plan educativo (dos Santos, Gonçalves, de Oliveira & Silva 2018). Sin embargo, la creación e implementación de nuevos modelos educativos acordes con las exigencias del mundo actual no es una tarea simple o sencilla. En la responsabilidad escolar de hoy en día los riesgos pueden ser altos cuando se implementan nuevos modelos educativos (Odell, Kennedy y Stocks 2019).

Por otro lado, la transformación acelerada en la pasada década de la Manufactura 3.0 a la Industria 4.0, ha provocado grandes cambios en los procesos educativos, en particular en la educación en ingeniería. De hecho, la Industria 4.0 ha aumentado la demanda de cambios revolucionarios en la educación y en su enfoque pedagógico (Khanna and Kumar, 2020). Cada vez que el sistema industrial ha cambiado o se ha revolucionado ha traído impactos profundos en la educación (Das, Kleinke & Pistrui, 2020).

La educación mundial ha realizado esfuerzos para poder cambiar la educación centrada en el profesor a una educación focalizada en el alumno, en donde se privilegie los aprendizajes y el docente juegue un rol diferente pero efectivo al que ha prevalecido por mucho tiempo. La Educación Basada en Competencias (EBC) ha sido un enfoque educativo que plantea la necesidad de transformar los roles de los profesores y alumnos en el proceso educativo. Durante la última década ha habido un cambio en la educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, especialmente en la ingeniería, hacia una pedagogía basada en competencias. El aprendizaje basado en competencias es una forma de instrucción centrada en los resultados y el progreso de los estudiantes hasta un trabajo más avanzado (Henri, Johnson y Nepal 2017).

La transición de un modelo educativo centrado en la enseñanza a un modelo centrado en el aprendizaje requiere técnicas o estrategias didácticas específicas. Las metodologías activas representan una propuesta para la transición de los modelos educativos ya que:

- Le proporciona al alumno un rol más importante en su educación ya que éste se vuelve responsable de su propio aprendizaje

- Fomenta el trabajo colaborativo.
- Organiza la docencia en función de las competencias a adquirir.
- Estimula la adquisición del aprendizaje autónomo y permanente.

Existe una diversidad de métodos activos que se utilizan en el aprendizaje de los alumnos, uno de ellos es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). Este método impulsa la enseñanza y el aprendizaje de los alumnos de acuerdo con sus habilidades, involucra a los alumnos en el proceso de aprendizaje y motiva y desarrolla su creatividad (Duc 2018).

El Aprendizaje Basado en Proyectos es un método activo que se ha utilizado para la enseñanza de la ingeniería. Se ha usado en ingeniería mecánica (Uziak and Kommula 2019), Mecatrónica (Patange, Bewoor, Deshmukh, Mulik, Pardeshi, and Jegadeeshwaran, 2019), en la enseñanza de la sustentabilidad (Khandakar, Hoque, San Pedro, Touati, Emadi and Ayari 2020) y en las matemáticas (Serin, 2019), entre otras áreas de la ingeniería.

Bajo este contexto, consciente de los cambios educativos que se estaban presentando en el mundo, la Universidad la Salle Noroeste, localizada en Cd. Obregón, Sonora, en el año 2011 formalizó, por medio del departamento de Desarrollo Docente, un grupo de trabajo cuya misión fue la de analizar el contexto de la educación y proponer un enfoque por competencias que debía de implementarse en la universidad (Navarro, Jiménez, Bojórquez y Ramírez, 2013). El equipo de trabajo diseñó las competencias lasallistas y un diplomado para capacitar al profesorado de la universidad. Uno de los módulos del diplomado trata sobre los métodos de aprendizaje en donde se ven temas de metodologías activas. Durante más de 10 años se ha utilizado en el enfoque por competencias en la Universidad La Salle logrando importantes resultados.

En este artículo se presenta la aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos en la materia de Automatización que se imparte a los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial en Calidad. El caso de estudio se refiere a un tema relacionado con la sincronización local y global de sistemas productivos (Jiménez et al. 2010 y Jiménez et al. 2013a). Para el caso de la ingeniería Industrial en Calidad, existen diversos estudios que han aplicado el Aprendizaje Basado en Proyectos en materias de dicha carrera. Por ejemplo, se ha aplicado el ABP en gestión industrial (Alves, et al. 2016), en el aprendizaje de la

manufactura esbelta (Tortorella y Cauchick, 2017) y en la Ingeniería de producción (Lima and Mello, 2012).

Competencias y el ABP en la universidad la Salle Noroeste

Para impulsar los cambios en el modelo educativo acordes con los enfoques modernos mundiales, la Universidad La Salle Noroeste implementó en el año 2011, un Diplomado en Formación de Competencias del Perfil Docente Lasallista el cual tiene como finalidad capacitar al profesorado en la implementación en el aula de su modelo curricular por competencias, a partir de la puesta en práctica de sus herramientas conceptuales, procedimentales y actitudinales en la planeación, conducción y evaluación de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, de acuerdo con el perfil docente Lasallista y los requerimientos curriculares de la materia que imparte (Jiménez et al. 2013b). Dentro de los temas tratados en el diplomado destaca la estrategia didáctica relacionada con el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP). La dinámica del diplomado promueve que los profesores capacitados pongan en práctica los conocimientos y las estrategias docentes, con la finalidad de crear un banco de experiencias que permita la mejora continua.

La Universidad La Salle Noroeste, que desde sus inicios considera en su misión la formación integral de los estudiantes, y con el fin de potenciar una formación pertinente a los nuevos contextos, añade a su modelo curricular socio constructivista el enfoque por competencias en el año 2011; las define *como el conjunto interdependiente de conocimientos, habilidades, actitudes y valores que el alumno integra con la finalidad de solucionar problemas en su ámbito personal y profesional para la transformación social* (Navarro, Jiménez, Bojórquez, y Ramírez, 2013).

El modelo de diseño curricular bajo el enfoque por competencias de Universidad La Salle Noroeste, propone la estructuración de los planes de estudio en torno a tres tipos de competencias: profesionales básicas, profesionales específicas y genéricas. Para seleccionar algunos métodos de enseñanza activos (ABP y ABProb (Aprendizaje Basado en Problemas)) como estrategias didácticas para la carrera de Ingeniería Industrial en Calidad que se ofrece en la universidad, se consideraron las cinco variables necesarias que se presentan a continuación (Fernández, 2005) en relación con el apoyo que dan al desarrollo de competencias profesionales.

Tabla 1 . Variables para seleccionar las estrategias didácticas que apoyan las competencias. Fuente: Elaboración propia.

Criterios de selección	ABProb	ABP	Apoyo a la competencia específica y/o genérica de ULSA Noreste
Niveles de objetivos cognitivos	Superior	Superior	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Desarrollo intelectual y profesional
Capacidad para promover el trabajo autónomo y continuado	Elevado	Elevado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aprender a aprender ▪ Planificación del proceso de aprendizaje ▪ Evaluación formativa ▪ Identificación y resolución de problemas
Grado de control ejercido por el estudiante	Elevado	Elevado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aumento de la responsabilidad y autonomía, toma de decisiones; capacidad de análisis y síntesis.
Número de estudiantes que pueden cubrir	Medio	Medio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Grupos reducidos
Número de horas de preparación del grupo y para las correcciones	Grande	Grande	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fomento de la habilidad social y de las relaciones de ayuda ▪ Aumento del grado de compromiso y responsabilidad

METODOLOGÍA

El tipo de investigación utilizado en la presente investigación fue descriptivo con enfoque cuantitativo, y su diseño fue no experimental de corte transversal. Es descriptiva ya que se describen las tareas que realizarán los alumnos y el profesor durante el desarrollo del proyecto siguiendo los pasos del ABP que se muestran en la Figura 1 (Jiménez et al. 2019). Según Guevara et al. (2020), el objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones, costumbres y actitudes predominantes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Para

evaluar la importancia del proyecto seleccionado y el método del ABP se desarrolló un cuestionario para que los alumnos lo respondieran. Este cuestionario se muestra en la Tabla 2.

Figura 1. Fases del ABP y tareas del profesor y de los alumnos (Jiménez et al. 2019)



Tabla 2. Cuestionario para los alumnos. Fuente: Elaboración propia

#	Preguntas	Respuestas
1	¿Fue para usted de alta importancia la selección del proyecto?	SI ____ NO ____
2	¿Resultó difícil la conceptualización del proyecto?	SI ____ NO ____
3	¿Considera que fueron aplicados los conceptos de sincronización durante el desarrollo del proyecto?	SI ____ NO ____
4	¿Considera adecuada la evaluación final del proyecto?	SI ____ NO ____
5	¿Estuvo conforme con la manera de entregar los avances del proyecto?	SI ____ NO ____
6	¿Estuvo de acuerdo con que el valor total del proyecto fuera de 50% de la calificación final?	SI ____ NO ____
7	¿Fue suficiente el tiempo que se llevó en el desarrollo del proyecto?	SI ____ NO ____
8	¿Le resultó atractivo el método de aprendizaje por proyectos en comparación con los métodos de enseñanza comunes?	SI ____ NO ____
9	¿Fueron suficientes los equipos del taller y de cómputo para realizar el proyecto?	SI ____ NO ____
10	¿Fue suficiente el acompañamiento que el facilitador le brindó a lo largo de todo el proyecto?	SI ____ NO ____

Con el objetivo de conocer el contenido de la materia de Automatización y aspectos de la carrera de Ingeniería Industrial en Calidad a continuación se describen algunos aspectos relevantes para la realización de la presente investigación:

- 1) La carrera de Ingeniería Industrial en Calidad consta de nueve semestres.
- 2) Para realizar las prácticas y pruebas de diseño, la Universidad La Salle, cuenta con un moderno Laboratorio de Tecnologías y un módulo completo de automatización industrial.
- 3) La materia de Automatización se imparte en el octavo semestre. El objetivo de la materia es: “Simular y corregir fallas en procesos automatizados industriales, utilizando metodologías, simulación y herramientas computacionales”. Consta de 64 horas Taller y 64 horas independiente. Los temas principales de la materia son: 1) Introducción a la Automatización Industrial, 2) Tecnologías de Automatización, 3) Comunicaciones Industriales, 4) Controladores Lógicos Programables, 5) Introducción a la Robótica, 6) Detección y corrección de fallas en sistemas de control y 7) Diseño e implementación de sistemas de control.
- 4) Para el desarrollo del proyecto se consideraron solo algunos temas principales, tales como 1, 2, 3 y 4.
- 5) En relación con el proyecto, se tuvieron las consideraciones siguientes:
 - a) El proyecto consistió en automatizar y sincronizar una línea de producción secuencial.
 - b) El número de alumnos en la clase fue de 12.
 - c) No hubo distinción por género
 - d) Para mejorar algunas tareas del proyecto, los alumnos tenían permitido consultar a profesores de otras materias y alumnos más avanzados de la Carrera de Mecatrónica que ya hubieran cursado la materia.

A continuación, se presentan en forma general algunos conceptos relevantes acerca de la sincronización de procesos productivos (para más información consultar Jiménez et al. 2013a).

La sincronización de procesos se define como sigue: *es el conjunto de procedimientos sistemáticos orientados a coordinar, planear, manejar, distribuir y controlar las operaciones de la maquinaria de un sistema productivo de tal forma que los volúmenes de producción sean satisfechos en el tiempo acordado.*

La sincronización de procesos se clasifica en:

- 1) sincronización local
- 2) sincronización global.

Es local, cuando la sincronización se realiza en módulos de producción. Es global cuando la sincronización considera todos los módulos en su diseño y análisis. Un sistema productivo se dice sincronizado si la diferencia temporal entre la primera pieza fabricada y la segunda es el Tiempo de Producción Unitario (TpU). Para sincronizar las líneas de producción, estas deben estar particionadas en módulos y cada módulo debe ser sincronizado a TpU. Desde el mismo momento en que se sincroniza la maquinaria, se introducen sensores que generan las señales de control (sensores principales y de ida). Los ciclos de cada máquina deben ser diseñados distribuyendo tiempos fijos (aquellos que no pueden ser modificados) y tiempos secundarios. El diseño de la sincronización debe empezar realizando una crónica de proceso, la cual representa una narrativa del tránsito de las piezas por todo el *layout* del sistema productivo que describe: máquinas, piezas, tiempos fijos y el TpU. Una vez distribuidos los tiempos sobre los ciclos operativos se diseña una tabla de sincronización local por cada módulo.

Existen dos métodos para sincronizar: Para el caso de sincronización local el método se llama vórtice y consiste en relacionar máquinas antecesoras y sucesoras en torno a la máquina que desarrolla el proceso. Con el vórtice, se relacionan las máquinas para posteriormente diseñar los ciclos operativos y distribuir los tiempos sobre las trayectorias. El otro método, usa para sincronizar globalmente un sistema productivo y se llama Código Binario Operacional Referencia (CBOR) y consiste de una tabla en donde se representan los eventos de sensado y la operación de la maquinaria en código binario. La construcción del CBOR se realiza usando las tablas de sincronización local. Posteriormente, se realiza el control del sistema mediante ecuaciones de estado, las cuales se programan en un PLC. Para probar el diseño y operación de la sincronización se usa software (FLUID SIM) en donde dibujan las máquinas y se programa el modelo de control (Jiménez et al. 2013a).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se describe la experiencia de la aplicación del ABP en la materia de Automatización. Se aplicaron las fases del método del ABP mostrado en la Figura 1.

Fase 1: Información

En esta fase, el profesor, junto con los alumnos, definieron el proyecto a desarrollar el cual consistió en sincronizar local y globalmente una línea de producción secuencial, cuya distribución de planta, Tasa de Producción Unitaria (TpU) y tiempos fijos deberían ser propuestos por los alumnos. El profesor les propuso a los alumnos los pasos metodológicos que deben ser usados para llevar a cabo el proyecto.

Los pasos generales fueron:

- 1) Estudio de la distribución de planta,
- 2) Desarrollo de la sincronización local,
- 3) Diseño de la sincronización global y
- 4) Simulación y Control.

Los alumnos procedieron a estudiar e investigar la información preliminar, en particular los tipos de líneas de producción secuenciales y las consideraciones de los métodos de la sincronización local y global, con el propósito de planear las actividades del proyecto. Conformaron equipos de cuatro alumnos y cada equipo debía desarrollar un proyecto independiente cuya condición era que la línea de producción fuera diseñada con al menos, dos módulos.

Fase 2: Planeación

En esta fase los alumnos desarrollaron el plan de trabajo para realizar el proyecto y fortalecieron, al realizar una revisión de información, el proceso metodológico requerido para sincronizar local y globalmente las celdas propuestas. Se reunieron con el profesor para aclarar dudas. El plan de trabajo tenía las siguientes tareas:

- 1) Búsqueda de información sobre la sincronización y propuesta de datos iniciales para el proyecto,
- 2) Diseño de la sincronización local,
- 3) Interpretación de datos de tiempos y sensores para la construcción de un esquema operacional referencial (CBOR),
- 4) Interpretación de los datos del esquema y desarrollo de las ecuaciones de estado de control,
- 5) Simulación y pruebas en el taller y
- 6) Documentación del proyecto.

Las actividades del profesor en esta fase fueron: la revisión del plan de trabajo, verificar la dimensionalidad y la complejidad de las celdas propuestas, así como responder dudas y aclarar los conceptos a los alumnos.

Fase 3: Realización

En esta sección se presenta un breve resumen de las tareas realizadas por los alumnos y el profesor, así como sus resultados principales.

- a) Tarea 1: Esta tarea tuvo el propósito de buscar información sobre las diferentes configuraciones de las líneas de producción secuenciales con la idea de que los alumnos diseñarán la propia. Se debía de investigar y proponer la distribución de planta y el flujo de proceso, los tiempos fijos de las operaciones y la tasa de producción unitaria (tiempo en lo que se fabrica una pieza en segundo). Cada grupo propuso su línea de producción y sus datos de inicio (ver Figura 2).
- b) Tarea 2. El diseño de la sincronización local fue el objetivo de esta tarea, la cual consistió en : 1) Localizar puntos estratégicos de transporte (inicio y final), 2) Realizar una crónica de proceso, 3) Distribuir elementos de sensado que permitieran el recorrido de una pieza por toda la línea de producción, 4) Modularizar el sistema de producción, 5) Relacionar la maquinaria con el método del vórtice, 6) Diseñar los ciclos de operación de cada máquina (ver Figura 2b), 7) Distribuir los tiempos de ida y vuelta sobre los ciclos condicionados por la tasa de producción y 8) Generar una tabla de datos de la sincronización local (ver tabla 3, sólo se presenta un módulo).
- c) Tarea 3. El objetivo de esta tarea fue el de generar un esquema de control para representar los eventos de sensado y los ciclos de operación de la maquinaria (CBOR). Las actividades que se debían de desarrollar fueron: 1) Interpretación de la sincronización local, 2) Diseño preliminar del Código, 3) Llenado del código binario, 4) Ensamble de Módulos (superposición) y 5) Código Funcional.
- d) Tarea 4. En esta tarea se propuso diseñar el control del sistema. Para ello se debían de seguir las actividades siguientes: 1) Diseño de las ecuaciones de estado del ciclo de arranque, 2) Desarrollo del ciclo automático, 3) Introducción de sensado bandera y caracterización de las ecuaciones de estado, 4) Modelo final de control y 5) Diseño del CBOR operacional (el de implementación final).

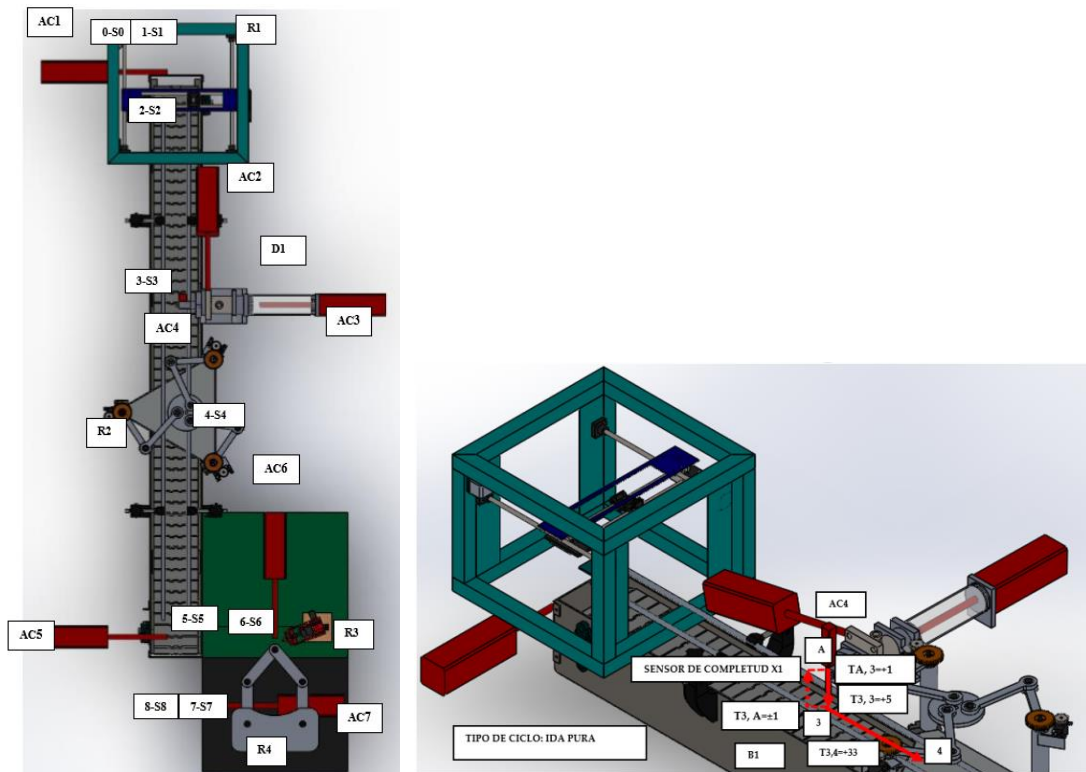
- e) Tarea 5. Esta tarea estuvo asociada con el desarrollo de una simulación de la sincronización en el software Fluid Sim y la prueba en el taller. Cabe mencionar que estas actividades no eran obligatorias por el tiempo y la complejidad y debido a que tenían que ser acompañados por otros alumnos de semestres avanzados que conocieran con más detalle el equipo.
- f) Tarea 6. Esta actividad estuvo relacionada con la documentación del proyecto que consta en la elaboración de un informe técnico y presentaciones.

En esta fase, las tareas del profesor fueron las de apoyar en lo que los alumnos requieren y guiarlos en cada tarea o actividad, y sobre todo verificar los aprendizajes adquiridos. Para mostrar algunos de los resultados de las actividades se seleccionó un proyecto de un grupo (Grupo 2, ver tabla 5) de dos módulos y cuyo proceso fue el llenado de botellas de gel médico. La crónica del proceso en general fue la siguiente (ver Figura 3a):

El actuador AC1 desplaza una botella vacía de la posición 0 localizada en el almacén de materias primas a la posición 1. Posteriormente, el robot cartesiano R1 traslada la botella de la posición 1 localizada encima de la banda a la posición 2. Una banda síncrona B1 transporta la botella de la posición 2 a la posición 3. En la posición 3, el dispositivo D1 llenador de gel, mediante los actuadores AC2, AC3 y AC4 inyecta gel médico a una botella en 5 seg. Terminada la operación de llenado, la banda B1 se activa y desplaza la botella con gel a la posición 4. En dicha posición el robot paralelo R2 coloca la tapa a la botella en 5 seg. Terminada dicha operación la banda B1 se activa y transporta la pieza a la posición 5 en donde un actuador AC5 desplaza la pieza a la posición 6 localizada en una mesa de trabajo. En dicha posición el actuador AC6 realiza la operación de marcaje sobre la botella en 4 seg. Terminada dicha operación el robot R3 se encarga de poner una marca de caducidad con rayo láser sobre la botella en 3 seg. Terminada dicha operación el robot delta R4 traslada la pieza a la posición 7. Finalmente, el actuador AC7 desplaza la pieza terminada hacia el interior de un almacén de materias primas (posición 8). El Tiempo de Producción Unitaria (TpU) es de 40 seg.

La Figura 3a muestra las posiciones estratégicas de transporte y el sensado inicial. La Figura 3b muestra un ejemplo de diseño de trayectoria de una máquina en donde se presentan los puntos por donde pasará la herramienta, así como los tiempos de proceso y el ciclo de operación.

Figura 2. Distribución de planta (a) y diseño de ciclos de operación (b).



Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 muestra los resultados de la sincronización local de un módulo.

Tabla 3. Resultados de la sincronización local para el módulo 1.

Máquina	Tiempos de ida (+)	Tiempos de vuelta (-)	Tiempo de espera (TE)	Tipo de ciclo	Sensado de ida	Tiempo acumulado
AC1	2	-2	-36	INTERMITENTE	S0-S1	2
R1	11	-6	-23	INTERMITENTE	S1-S2	13
B1	3			IDA PURA	S2-S3	22
	4				S3-X1	
	2				X1-S4	
					X2-S5	
AC4	+6: (1 acercamiento, 5 tiempos fijo)	±1	-33	INTERMITENTE	S3-X1	29
R2	9	±2, -2	-27	INTERMITENTE	S4-X2	40
	37	3				
Tiempo en segundos	Σ tiempos de ida	40				

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 muestra el CBOR desarrollado por los alumnos relacionado con la distribución de planta mostrada en la Figura 3a. El signo (+1) representa un segundo en recorrido de ida y el signo (-1) un segundo en el recorrido de vuelta. Los símbolos Xi y Yi son las señales de entrada y de salida.

Tabla 4. CBOR completo con ecuaciones de estado. Fuente: Elaboración por parte de los alumnos Grupo 2

The diagram illustrates a state-space model for a CBOR system. It features two main sections of state variables, each with associated matrices and equations.

Top Section (States T1-T62):

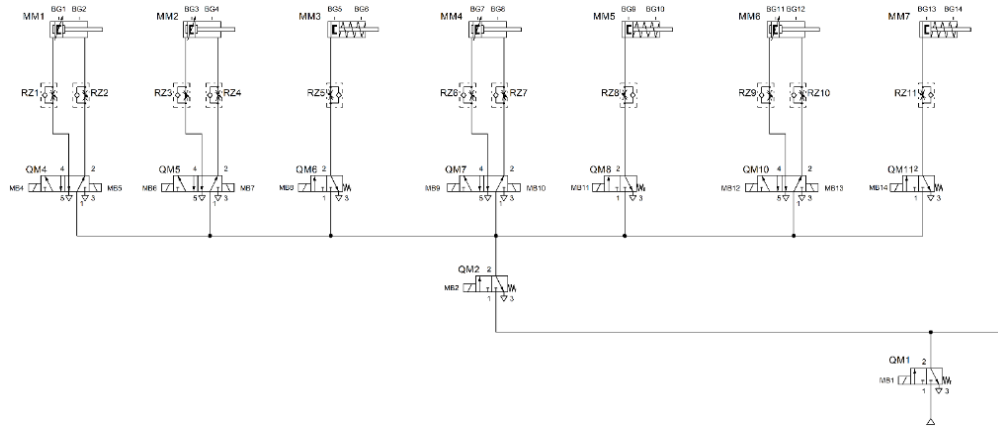
- Matrices:**
 - Módulo 1:** A matrix with columns labeled x0 to x8 and rows labeled T1 to T12.
 - Módulo 2:** A matrix with columns labeled x9 to x16 and rows labeled T13 to T24.
 - Suma de tiempos:** A matrix with columns labeled y0 to y8 and rows labeled T1 to T12.
- State Variables:** T1 through T62, arranged in a sequence that suggests a hierarchical or modular structure.
- Connections:** Arrows indicate dependencies between states, showing a flow from left to right and top to bottom.

Bottom Section (States T63-T102):

- State Equations:**
 - $T_{63} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{64} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{65} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{66} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{67} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{68} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{69} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{70} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{71} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{72} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{73} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{74} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{75} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{76} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{77} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{78} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{79} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{80} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{81} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{82} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{83} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{84} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{85} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{86} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{87} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{88} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{89} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{90} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{91} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{92} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{93} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{94} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{95} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{96} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{97} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{98} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{99} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{100} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{101} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
 - $T_{102} = X_{17} + X_{19} + Y_2$
- Matrices:** Similar to the top section, with matrices for 'Módulo 1' and 'Módulo 2'.

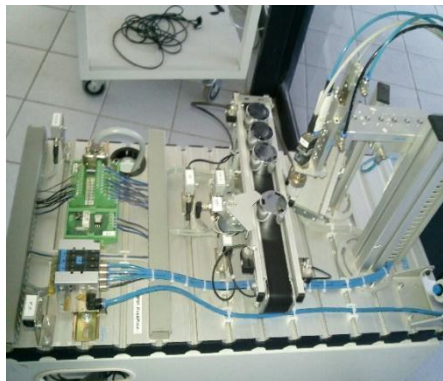
La Figura 4 muestra una parte de la simulación de la sincronización en el software Fluid Sim y la Figura 5 una prueba en los equipos de la Universidad La Salle Noroeste.

Figura 4. Simulación el Fluid Sim.



Fuente: elaboración propia

Figura 5. Equipo de prueba MPS para la sincronización de la Universidad La Salle.



Fuente: Elaboración propia

Fase 3: Evaluación

La Fase de evaluación del ABP es una de las más importantes debido a que se muestran los resultados alcanzados durante el proyecto. Los productos finales que los alumnos presentaron fueron: 1) El plan de trabajo, 2) Las tablas de sincronización local, 3) El CBOR y el control, 4) La simulación computacional, 5) La prueba física y 6) El reporte final. Debido a lineamientos universitarios, se realizaron 3 exámenes parciales con valor del 50% y el valor asignado al proyecto fue el otro 50% (Informe, presentación y pruebas físicas de la sincronización).

DISCUSIÓN

La aplicación del ABP en la materia de Automatización resultó una herramienta efectiva para motivar e impulsar los aprendizajes en los alumnos de la carrera de Ingeniería Industrial en Calidad. El proyecto propuesto fue retador, ya que implicó utilizar algunos métodos de la sincronización de sistemas productivos. La Tabla 5 muestra los resultados relacionados con el proyecto y algunas características importantes a considerar. Por ejemplo, el Grupo 2 realizó la simulación computacional y la prueba física del proyecto, a pesar de que eran actividades optativas, puesto que debían formar equipo con alumnos de mecatrónica. Todos los grupos cumplieron con lo mínimo pedido que eran cuatro productos, sin embargo, dos grupos hicieron actividades extras.

Tabla 5. *Análisis de la complejidad del proyecto y entregables*

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Complejidad de la línea de producción	Alta	Alta	mediana
Número de módulos	2	2	3
TpU	25 seg/pieza	40 seg/pieza	20 seg/pieza
Simulación	No	Si	Si
Prueba física	No	Si	No
Total de productos entregados	4	6	5
Cumplimiento	Con lo mínimo	Con lo máximo	Más del mínimo

Los resultados de la encuesta mostrada en la Tabla 2 fueron los siguientes: Las respuestas del SÍ en todas las preguntas fueron el mínimo 60% y un máximo del 100% y el No tuvo mínimo de 0% y un máximo 40%. La pregunta 9 ¿Fueron suficientes los equipos del taller y de cómputo para realizar el proyecto?, fue el No más alto, pero fue debido a que solo un equipo logró completar la prueba física y los restantes no tuvieron que analizar si los recursos físicos eran lo suficientes.

En esta experiencia del ABP en la materia de Automatización, los resultados fueron prometedores, pues la pregunta 8 ¿Le resultó atractivo el método de aprendizaje por proyectos en comparación con los métodos de enseñanza comunes? alcanzó un 90% de respuestas afirmativas la percepción de los alumnos. Sin embargo, hubo detalles no favorables en el desarrollo del proyecto, sobre todo en la abstracción de algunos conceptos, pues los métodos de sincronización utilizados requieren, por ejemplo,

que los sensores, máquinas y procesos se consideren perfectos (para los sensores solo se toma en cuenta la señal de entrada y de salida, pero no el tipo y la marca del mismo). Otro problema que se observó en uno de los grupos (Grupo 1) fue la administración del proyecto, ya que no se ponían de acuerdo en la ejecución de ciertas tareas, por lo que fue el grupo que más acompañamiento recibió del profesor. Por otro lado, las materias que los alumnos llevaron en los semestres anteriores, ayudaron en el desarrollo del proyecto, debido a que no tuvieron dificultades en proponer los datos iniciales del proyecto, como la distribución de planta, flujo de proceso, Tasa de Producción Unitaria y los tiempos fijos. Además, los cuatro temas principales de la materia de Automatización que se tomaron como base para el desarrollo del proyecto fueron suficientes y uno de los grupos (Grupo 2) fue capaz de aplicar los temas 5 y 6 (Introducción a la Robótica y Diseño e implementación de sistemas de control) ya que implementaron las pruebas físicas en el taller. Finalmente, la experiencia del ABP contribuyó en los aprendizajes de los alumnos ya que motivó su creatividad, el pensamiento crítico, el trabajo colaborativo, el autoaprendizaje y la investigación, elementos actitudinales planteados en el programa con EBC

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha mostrado la aplicación del ABP en la materia de Automatización cursada por alumnos del octavo semestre de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad La Salle Noroeste.

Las conclusiones obtenidas se resumen en los puntos siguientes:

- El ABP resultó una valiosa herramienta para impulsar los aprendizajes de los alumnos ya que permitió desarrollar un proyecto en forma sistemática, dándole los papeles que corresponden al profesor (facilitador) y a los estudiantes (ser el centro del aprendizaje). Las fases del ABP permitieron darle seguimiento al desarrollo del proyecto en forma práctica y ordenada.
- El ABP es una técnica que impulsa la creatividad, el trabajo en equipo, el autoaprendizaje, el pensamiento crítico y fomenta la investigación, y pone a prueba las habilidades sociales de los alumnos. En la experiencia presentada en este trabajo el ABP exhibió una manera distinta de motivar a los alumnos y de una manera efectiva de organización para desarrollar el proyecto.

- El proyecto desarrollado por los alumnos fue sin duda el elemento central del ABP, ya que integraba el diseño de la línea de producción, lo que exigía creatividad e investigación, y la sincronización y control de procesos implicaba seguir una metodología nueva y retadora.
- Si bien los resultados de la aplicación del ABP en la materia de Automatización fueron positivos, es necesario aplicar un buen seguimiento por parte del profesor al desarrollo del proyecto ya que se debe lograr un balance de los aprendizajes en los alumnos en todas las tareas planeadas. El no lograr ese balance implica que los aprendizajes sean mayores en algunos alumnos y en otros sea menor.
- Una de las fases más importantes del ABP, es la evaluación del proyecto, por lo que se requiere diseñar instrumentos que permitan la medición de las actividades, para poder calificar a los alumnos y para obtener información valiosa de la percepción de los mismos sobre las ventajas y desventajas de los métodos de aprendizaje utilizados. En la experiencia descrita se diseñó un instrumento para evaluar la complejidad del proyecto y los productos entregados, así como un cuestionario para conocer la percepción de los alumnos.
- El ABP es una estrategia pedagógica activa que se adapta de forma natural a las ingenierías, por lo que es posible aplicar dicha técnica a diversas materias de la carrera de Ingeniería Industrial.

El aprendizaje basado en problemas es un enfoque educativo que se centra en resolver problemas reales y significativos como forma principal de adquirir conocimientos y habilidades. Requiere del diseño por parte del profesor para que los alumnos se involucren activamente en su proceso de aprendizaje descubriendo y solucionando problemas propios de su perfil de egreso.

El aprendizaje basado en problemas representa al mismo tiempo, un desafío, debido a varias razones, por un lado, requiere un enfoque interdisciplinario que integre diferentes conocimientos y habilidades de los alumnos, se requiere encontrar problemas relevantes y significativos para los alumnos, y asegurarse de que tengan los recursos y la orientación necesarios para resolverlos. Finalmente, el aprendizaje basado en problemas requiere un enfoque individualizado y flexible que permita a los alumnos explorar y aprender a su propio ritmo.

Todo ello representa un gran reto que en la Universidad La Salle Noroeste, estamos dispuestos a enfrentar, buscando fomentar la creatividad, la colaboración y la resolución de problemas en nuestros alumnos para prepararlos para un futuro exitoso.

REFERENCIAS

- Alves, A., Sousa, R., Moreira, F., Carvalho, M.A., Cardoso, E, Pimenta, P., Malheiro, M.T., Brito, I., Fernandes, S. and Mesquita, D. (2016). Managing PBL Difficulties in an Industrial Engineering and Management Program, *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9, pp. 586-611. DOI:10.14313/JAMRIS_4-2018/21
- Das, S., Kleinkle, D., and Pistrui, D. (2020). *Reimagining Engineering Education: Does Industry 4.0 Need Education 4.0?* Paper presented at 2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access, Virtual On line. <https://peer.asee.org/35136>
- dos Santos, E. F., Gonçalves, B. C. M., de Oliveira, K. B., & Silva, M. B. (2018). Project Based Learning Applied to Technical Drawing. *Creative Education*, 9, 479-496.
- Duc, P (2018). Project-based learning: from theory to EFL classroom practice, *Proceedings of the 6th International OpenTESOL Conference 2018*, pp. 327-339.
- Fernández A. (2005). Nuevas metodologías docentes. Recuperado el 11 de enero de 2023 de:http://roble.pntic.mec.es/jprp0006/tesis/metodologia/nuevas_metodologias_docentes_de%20fernandez_march.pdf
- Guevara, G., Verdesoto, A., y Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo*, 4 (3), 163-173. 10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Henri, M., Johnson, M., & Nepal, B. (2017). “A review of competency-based learning: Tools, assessments, and recommendations”. *Journal of Engineering Education*, 106, pp. 607–638.
- Jiménez, E, Acosta, M., Luna, G., Lucero, B., Delfín, J., and Velásquez, L. (2019). *Reverse Engineering and Straightforward Design as Tools to Improve the Teaching of Mechanical Engineering*. In: Abdulwahed M., Bouras A., Veillard L. (eds), *Industry Integrated Engineering and Computing Education*, Springer, Cham, pp. 93-188.
- Jiménez E., Martínez F., Martínez V., Pérez S., Ochoa J., Reyes L., Madrid A. (2010). “Application of the Software Fluid - Sim to Simulate the Synchronization of Productive Systems Serials: The Case of the Test of the Automatic Cycle”. ICECE 2010. Brasil.

- Jiménez E., González, M., Cotri B., Nuñez E., Quiroz, A., Encinas O.A., Urbalejo A. Reyes L.A. (2013a). Aplicaciones didácticas de la sincronización global de líneas de producción seriales en sistemas MPS, Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI'2013)", Innovation in Engineering, Technology and Education for Competitiveness and Prosperity" August 14 - 16, 2013 Cancun, Mexico, pp. 1-10
- Jiménez E., Bojórquez G., Navarro L., Amavizca L., López L., Martínez V., López S., Hernández M. (2013b). Experiencias de la aplicación del Aprendizaje Basado en Proyectos de la materia de Mecanismos en la ULSA Noroeste". Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCEI). Cancún, México. 2013b.
- Khanna, P. and Kumar, S. (2020). Engineering 4.0; Future with Disruptive Technologies. In: Rosa Righi R., Alberti A,m Singh M. (eds) Blockchain Technology for Industry 4.0. Blockchain Technologies. Springer, Singapore.
- Khandakar, A., Hoque, M.E., San Pedro, A., Touati, F., Emadi, N. and Ayari, M.A. (2020). Case Study to Analyze the Impact of Multi-Course Project-Based Learning Approach on Education for Sustainable Development, Sustainability, 12, 480, pp.1-21.
- Lima, R. M. and Mello, J. (2012). Project-based learning course design: a service design approach. Int. J. Services and Operations Management, 11, pp. 292-313.
- Navarro, L. Jiménez, E., Bojórquez, I & Ramírez, G. (2013). *Competencies and teaching strategies: Experiences at the La Salle University Norwest*. Ecorfan. Valley of Santiago. (1 ed.), Handbook.
- Patange, A., Bewoor, A. K., Deshmukh, S. P., Mulik, S. S. Pardeshi, S. S. and Jegadeeshwaran, R. (2019). Improving Program Outcome Attainments Using Project Based Learning approach for: UG Course – Mechatronics, Journal of Engineering Education Transformations, 33, pp. 1-13
- Odell, M., Kennedy, T., Stocks, E. (2019). The Impact of PBL as a STEM School Reform Model The Impact of PBL as a STEM School Reform Model, The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning, 13, Available at: <https://doi.org/10.7771/1541-5015.1846>

- Serin, H. (2019). Project Based Learning in Mathematics Context. *International Journal of Social Sciences & Educational Studies*, 5, pp. 232- 236.
- Tortorellaa, G, and Cauchick, P.A. (2017). An initiative for integrating problem-based learning into a lean manufacturing course of an industrial engineering graduate program. *Production*, 27, pp. 1-14, DOI: 10.1590/0103-6513.224716.
- Uziak J., Kommula V. (2019). Application of Problem Based Learning in Mechanics of Machines Course, *International Journal of Engineering Pedagogy*, 9, pp. 68- 83.
<https://doi.org/10.3991/ijep.v9i1.9673>