

Industrial Systems Simulation Applied to Laboratory Practices in the Industrial Engineering Degree

María José Rivera Rivera, Estudiante de Ingeniería Industrial y de Sistemas¹, Ing. Paola Pascua²

¹UNITEC, Honduras, mariajrivera@unitec.edu

²UNITEC, Honduras, paola.pascua@unitec.edu.hn

Abstract – Laboratory practices that are carried out in person present difficulties in concluding on time, since the preparation time and reorganization of elements represent a significant amount of class time. To this end, we sought to analyze whether the use of simulation can optimize the time of these laboratories and analyze the effects of its implementation. A simulation model was developed to represent one of the laboratories of the Industrial Engineering degree at UNITEC. Choosing 4 different populations, corresponding to 4 different classes of the degree, which would be used as their own sample.

Regarding the parameters of this study, it was concluded that simulation can be used to develop laboratories for the Industrial and Systems Engineering degree at UNITEC, thus achieving 95.65% completion of the results obtained through the traditional methodology, reducing by 50% the time necessary to complete the laboratory practice. This result can be obtained considering that students have prior knowledge in using the simulator and receive adequate guidance throughout the laboratory.

Keywords: FlexSim, comparison, educational simulation, traditional education, student performance

Análisis de la Enseñanza Tradicional y Enseñanza por medio de Simulación de Sistemas Industriales

María José Rivera Rivera, Estudiante de Ingeniería Industrial y de Sistemas¹, Ing. Paola Pascua²

¹UNITEC, Honduras, mariajrivera@unitec.edu

²UNITEC, Honduras, paola.pascua@unitec.edu.hn

Abstract – Laboratory practices that are carried out in person present difficulties in concluding on time, since the preparation time and reorganization of elements represent a significant amount of class time. To this end, we sought to analyze whether the use of simulation can optimize the time of these laboratories and analyze the effects of its implementation. A simulation model was developed to represent one of the laboratories of the Industrial Engineering degree at UNITEC. Choosing 4 different populations, corresponding to 4 different classes of the degree, which would be used as their own sample.

Regarding the parameters of this study, it was concluded that simulation can be used to develop laboratories for the Industrial and Systems Engineering degree at UNITEC, thus achieving 95.65% completion of the results obtained through the traditional methodology, reducing by 50% the time necessary to complete the laboratory practice. This result can be obtained considering that students have prior knowledge in using the simulator and receive adequate guidance throughout the laboratory.

Keywords: FlexSim, comparison, educational simulation, traditional education, student performance

Resumen Ejecutivo – Las prácticas de laboratorio que se realizan de forma presencial presentan dificultades para concluir a tiempo, ya que el tiempo de preparación y reorganización de elementos representa una parte significativa del tiempo de clase. Con este fin, se buscó analizar si el uso de la simulación puede optimizar el tiempo de estos laboratorios y analizar los efectos de su implementación. Se elaboró un modelo de simulador que representara uno de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Industrial en UNITEC. Se escogieron 4 poblaciones distintas, correspondientes a 4 clases diferentes de la carrera, las cuales serían utilizadas como su propia muestra.

En relación con los parámetros de este estudio, se pudo concluir que la simulación puede ser utilizada para desarrollar laboratorios para la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas en UNITEC, logrando así completar en un 95.65% los resultados obtenidos mediante la metodología tradicional, reduciendo en un 50% el tiempo necesario para culminar la práctica de laboratorio. Este resultado se puede obtener siempre y cuando los estudiantes tengan conocimientos previos en el uso del simulador y reciban la orientación adecuada en todo el laboratorio.

Palabras clave: FlexSim, comparación, simulación educativa, educación tradicional, desempeño estudiantil

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó en una universidad hondureña del sector privado, en la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas, donde se ha detectado que en diversas prácticas de laboratorio tradicionales realizadas en la clase SMO (Sistemas de Mejora de Operaciones) se dedica demasiado tiempo invertido en el montaje y desmontaje de piezas relacionadas con su desarrollo, además del tiempo para organizar y almacenar todos los materiales utilizados, influyendo en el tiempo invertido en la experiencia de aprendizaje. Al no emplear ni garantizar la eficacia de otros modelos de formación o instrucción de los estudiantes, incluidas herramientas como la simulación, la universidad se priva de saber si algunos de ellos generan resultados más eficientes y mejor recibidos que la metodología actual.

En Honduras, la educación siempre ha funcionado con la misma metodología, sin dar la oportunidad al tipo de enseñanza a través de herramientas no convencionales. La simulación ha llegado a impactar a todos, en diferentes ámbitos: trabajo, entretenimiento, educación, etc. Al ser un tema nuevo para el público, aún queda mucho por investigar, por ejemplo, para sacar conclusiones sobre qué utilidad podrían tener estas herramientas en el campo educativo.

Estudios similares se desarrollaron en 2020 en la misma universidad que buscaron implementar el uso de la simulación a través de FlexSim para el desarrollo de prácticas de laboratorio en tiempos de la pandemia COVID-19 y complementar las prácticas de laboratorio actuales. La investigación presentó resultados que sustentaron que el uso de herramientas de simulación fue bien recibido por los estudiantes y generó resultados satisfactorios en cuanto a calificaciones [1]. De manera similar, investigaciones de Colombia muestran que esta metodología de aprendizaje puede complementar el método tradicional. Se recomienda a los estudiantes que realicen comparaciones entre los resultados obtenidos a través de cada uno de ellos [2].

Por otro lado, en Colombia se han realizado estudios acerca de la efectividad de la implementación de la simulación del simulador FlexSim en el nivel universitario, donde se notó que, ayudados de las respectivas guías de laboratorio, se le logra sacar mucho provecho a dichos laboratorios. Se analizó el nivel de comprensión de los estudiantes en los temas seleccionados y estos obtuvieron muy buenos resultados. Se logró concluir que este software complementa el conocimiento adquirido en las clases seleccionadas [3]. Asimismo, en Bucaramanga, Colombia, se condujo una investigación en la que se buscaba contestar si la simulación puede ser una herramienta beneficiosa para la clase de Técnicas Modernas de Optimización, concluyendo que esta metodología de aprendizaje podrá complementar la metodología tradicional. Se les recomienda a los estudiantes realizar comparaciones entre los resultados obtenidos mediante cada uno de ellos [4].

Con este fin, se realizará una investigación en la que se analizará el impacto del uso de herramientas de simulación en la educación superior, específicamente en estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas, desarrollando un simulador para realizar una práctica de laboratorio y capacitar estudiantes en su uso, comparando luego estos resultados con los obtenidos a través de la educación tradicional.

Este trabajo consta de 5 apartados restantes: primero, el apartado de metodología, donde se especifica el tipo de investigación, variables y herramientas aplicadas, seguido de la población y muestra. Posteriormente, en el capítulo 3 de resultados y análisis, se desglosarán los hallazgos obtenidos y sus respectivos análisis. A continuación, en el capítulo 4, se mostrarán las conclusiones obtenidas a través del análisis de resultados. Por último, en el capítulo 5 se mencionaron las recomendaciones, seguidas de las respectivas referencias utilizadas durante la investigación. Tomando todo esto en cuenta, la presente investigación tiene como objetivo general comparar la metodología de educación tradicional y la basada en simuladores en las asignaturas de SMO, SHI (Seguridad e Higiene Industrial), IM1 (Ingeniería de Métodos 1) & IM2 (Ingeniería de Métodos 2) mediante simulación de sistemas industriales.

II. METODOLOGÍA

A. Tipo de Investigación:

1) Enfoque:

Se utilizó el enfoque cuantitativo porque reúne las características que están acorde a lo que plantea el autor Roberto Sanpieri. Utiliza información que se puede interpretar de forma estadística. Se hace uso de mediciones numéricas y análisis estadísticos para generar predicciones o determinar patrones de comportamiento del tema analizado. Este enfoque utiliza la recolección de datos para comprobar una hipótesis planteada previamente, además de plantear preguntas y objetivos derivados de ella, las cuales pueden ser contestadas de forma numérica. Adicionalmente, en este tipo de investigaciones usualmente se emplean experimentaciones y análisis causa y efecto, además de contar con un proceso secuencial y deductivo [5].

2) Alcance:

La presente investigación cuenta con un alcance descriptivo, lo cual quiere decir que pretende identificar y describir a mayor profundidad los factores que influyen en algún fenómeno seleccionado [6]. En el caso de la investigación en mano, se busca profundizar en el tema de la simulación y el efecto que puede tener en la educación comparado con la metodología tradicional de enseñanza.

B. Variables de Investigación:

- 1) Tiempo invertido en cada capacitación.
- 2) Calificaciones según el tipo de capacitación.
- 3) Nivel de productividad según el tipo de capacitación

C. Herramientas Aplicadas

Software de Simulación FlexSim: Crear un simulador que represente el laboratorio de detección de desperdicios de la clase de Sistemas de Mejoramiento de Operaciones.

Medición de Tiempos & FlexSim Simulation Software: Realizar la práctica de laboratorio de detección de desperdicios con los estudiantes de la clase de IM1, IM2 y SHI y la medición del tiempo invertido en cada laboratorio.

FlexSim, Observación: Comparar el desempeño de los estudiantes que participaron en la investigación (tradicional y simulación) a través de diferentes KPI's extraídos de cada laboratorio.

Validación & Evaluación de expertos: Comprobar el diseño del simulador y fiabilidad de la investigación.

III. POBLACIÓN Y MUESTRA

1) Población:

193 estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas.

2) Muestreo

Se logró determinar que la población seleccionada no se puede analizar en su totalidad, ya que no se podría desarrollar el laboratorio en el tiempo establecido con grupos de tal tamaño. Por esa razón, se seleccionaron 4 secciones de la carrera (ya que existe facilidad de acceso a cada una de ellas), por medio de un muestreo por conveniencia o muestreo por selección intencionada, una selección por medio de metodologías no aleatorias, que se realiza de forma subjetiva [7]. Estos 4 grupos (IM1, IM2, SHI y SMO) fueron escogidos como representación de las clases en la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas en UNITEC.

3) Muestra

Muestra 1: 14 estudiantes de Ingeniería Industrial y de Sistemas (UNITEC TGU) cursando la clase de Sistemas de Mejoramiento de Operaciones en el Q3, 2023.

Muestra 2: 9 estudiantes de Ingeniería Industrial y de Sistemas (UNITEC TGU) cursando la clase de Ingeniería de Métodos 1 en el Q3, 2023.

Muestra 3: 8 estudiantes de Ingeniería Industrial y de Sistemas (UNITEC TGU) cursando la clase de Ingeniería de Métodos 2 en el Q3, 2023.

Muestra 4: 13 estudiantes de Ingeniería Industrial y de Sistemas (UNITEC TGU) cursando la clase de Seguridad e Higiene Industrial en el Q3, 2023.

I. RESULTADOS Y ANÁLISIS

1) Creación del Modelo de Simulación en FlexSim

Se notó que la familiarización con la práctica de laboratorio tradicional, creación del simulador y validación de este son pasos que debían tomarse en cuenta para realizar una experiencia satisfactoria con el uso del simulador. Las siguientes secciones desglosan los resultados obtenidos de cada uno de los pasos previamente mencionados.

A) Familiarización con el Laboratorio

Mediante una visita al laboratorio de Ingeniería Industrial, se visualizó el desarrollo del laboratorio de Detección de Desperdicios siendo impartido por medio de la metodología tradicional de enseñanza. El laboratorio tenía como finalidad profundizar en el tema de los 8 desperdicios de Lean. Este laboratorio tuvo una duración de dos horas de clase (160 minutos en total). Durante este tiempo, los alumnos de SMO analizaron una línea de producción de linternas y procuraron identificar todos los desperdicios presentes en la línea. Los alumnos modificaban la línea según vieran conveniente para reducir la mayor cantidad de desperdicios posible. Adicionalmente, se buscaba cumplir una demanda fija de 6 linternas cada 2 minutos (takt time de 0.5 min/linterna).

El laboratorio de Detección de Desperdicios de la clase de SMO se desarrolló de forma en la que los estudiantes pudieran manipular la línea de producción de linternas según vieran conveniente. Se logró notar que los estudiantes pasaban una cantidad significativa de tiempo desensamblando y reorganizando los elementos de la línea de producción. Estos son factores que se debían tomar en consideración para que la elaboración del simulador aportara mayor facilidad de uso en este aspecto.

B) Recolección y Análisis de Datos

Una vez en el laboratorio, se tomaron videos de la práctica de laboratorio, los cuales se analizaron mediante la herramienta digital ProTime Estimation. Esta herramienta se utilizó para registrar los tiempos de cada una de las tareas que se deben realizar durante el laboratorio. Se capturaron de forma independiente cada una de las tareas que se deben llevar a cabo, comenzando por subdividir los roles que se desempeñaban en cada estación y determinando los factores que indicarían el inicio y fin de cada tarea.

TABLA 1
TIEMPO POR TAREA

Tarea	Tiempo Promedio (segundos)
Baterías	6.5
Cono+aro	4.7
Tapa 1 +Lente	6.7
Cuerpo+foco	3.5
Foco+tapa 2	4.8
Ensamblaje+tapa 2	9.1
Inspección general	9.6

TABLA 2
TIEMPO POR ESTACIÓN

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Tiempo	6.5	24.1	4.7	9.6

Los tiempos extraídos de ProTime Estimation se utilizarían para programar correctamente las diferentes estaciones de trabajo. En el caso del simulador, se emplearían únicamente los pasos que forman parte del proceso, excluyendo los tiempos de ocio, espera y retrabajo. Estos últimos serían representados en el simulador mediante diferentes desperdicios, como el tiempo de traslado al ubicar las estaciones en un orden poco eficiente, además de que la línea de trabajo no estaría balanceada.

C) Elaboración del Simulador

Una vez que se contaba con la información necesaria, se creó exitosamente un modelo de simulación que representara de forma gráfica el laboratorio, partiendo de una planificación de los factores necesarios para la línea de producción y la lógica requerida para su funcionamiento correcto. Se logró plasmar el comportamiento de cada una de las 5 estaciones correctamente, además de incluir los diversos tipos de desperdicios lean (movimiento, espera, transporte, sobreproducción, retrabajo, inventario, defectos) que se esperaba que el estudiante identificara. A su vez, se mostraron diversos avances al asesor temático para recibir retroalimentación y se incorporaron todos los cambios sugeridos.

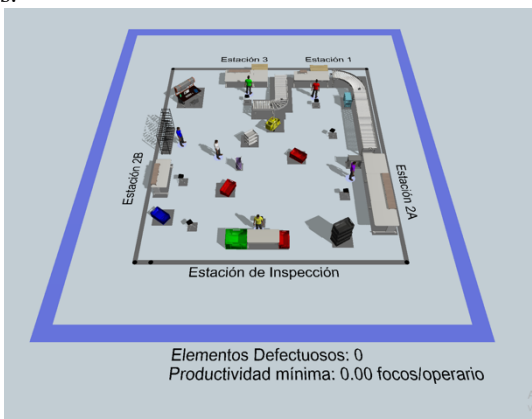


Figura 1 Simulador Finalizado

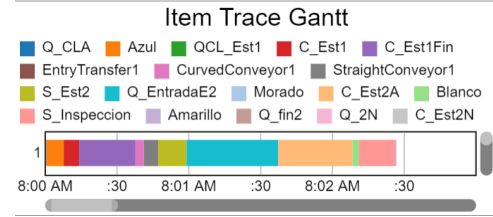


Figura 2 Diagrama de Gantt en FlexSim

TABLA 3
DISTANCIAS RECORRIDAS POR LOS OPERARIOS EN FLEXSIM
Travel Distance

Object	Distance Traveled
Rojo	314.16
Morado	760.00
Verde	0.00
Blanco	909.06
Azul	796.86
Amarillo	219.00

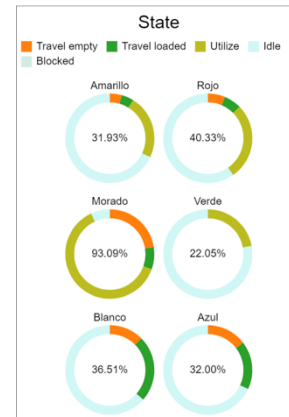


Figura 3 Estado Final de los Operarios

El simulador mostraba funcionar correctamente, siguiendo el flujo correcto de producción, tal como se visualizó en la práctica de laboratorio tradicional. Este contaba con 5 estaciones de trabajo, 6 operarios, 7 tareas por desarrollar para la elaboración de un solo producto y diversos desperdicios para que el estudiante los identificara y redujera lo más posible. Gracias a las correcciones del asesor, este logró tener un mejor resultado en términos de funcionamiento y se incluyeron las tablas mostradas anteriormente, ya que proporcionaban la información más conveniente para el estudiante.

2) Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

A) Práctica Piloto

Se realizaron 2 prácticas piloto. Se compartió el tema de los desperdicios lean, que sería analizado en el laboratorio. Luego, por medio del uso del simulador, se les explicó a los estudiantes la línea de producción a ser analizada y el uso de la tabla que se les proporcionaría para el balanceo de líneas. Esta tabla utilizaba los tiempos de cada tarea, asignándolos a cada estación mediante una tabla con valores binarios, y automáticamente realizaba la suma de tiempos por estación. A pesar de trabajar en equipos, los estudiantes no pudieron culminar la práctica de laboratorio en el tiempo establecido, lo que señaló la necesidad de generar mejoras en el simulador

para lograr resultados más confiables. Después de la práctica piloto, se llevaron a cabo otros laboratorios para aplicar las mejoras identificadas.

TABLA 4
ASIGNACIÓN DE TAREAS POR ESTACIÓN

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Baterías	1			
Cono+aro			1	
Tapa 1 +Lente		1		
Cuerpo+foco		1		
Foco+tapa 2		1		
Ensamblaje+tapa 2		1		
Inspección general				1

TABLA 5
TAREAS POR ESTACIÓN

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Baterías	6.5	0	0	0
Cono+aro	0	0	4.7	0
Tapa 1 +Lente	0	6.7	0	0
Cuerpo+foco	0	4.8	0	0
Foco+tapa 2	0	3.5	0	0
Ensamblaje+tapa 2	0	9.1	0	0
Inspección general	0	0	0	9.6

TABLA 6
TIEMPO POR ESTACIÓN

	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4
Tiempo	6.5	24.1	4.7	9.6

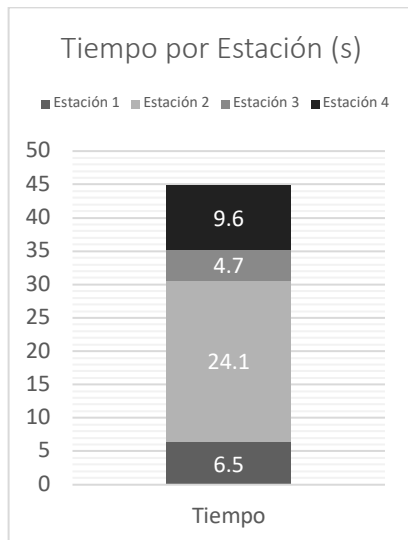


Figura 4 Gráfico de Tiempos por Estación

Durante la práctica piloto, se observó cuán involucrados estaban los estudiantes con el simulador, tratando de cambiar aspectos que influenciaban los niveles de productividad de la línea de producción. Posteriormente, estos estudiantes

compartieron sus opiniones y expresaron su interés en seguir trabajando en el laboratorio para poder completar toda la experiencia. Aunque no lograron terminar a tiempo, fue interesante ver cuántas ideas correctas tenían y su deseo de ponerlas en práctica a través de la simulación.

B) Prácticas de Laboratorio Oficiales

Una vez realizados los cambios necesarios en el simulador, se procedió con la práctica de laboratorio oficial. En esta ocasión, se formó un solo grupo de estudiantes, el cual fue guiado por un instructor. Se encontró que esta era la forma más conveniente de aplicar el laboratorio para que pudiera completarse en la hora de clase (1 hora con 20 minutos), dado que los estudiantes no contaban con conocimientos previos de simulación y esta parte podía resultar la más compleja para ellos. Además, se incluyó una explicación visual del proceso de ensamblaje de una linterna para mejorar su comprensión del funcionamiento de la línea y de las tareas a realizar.

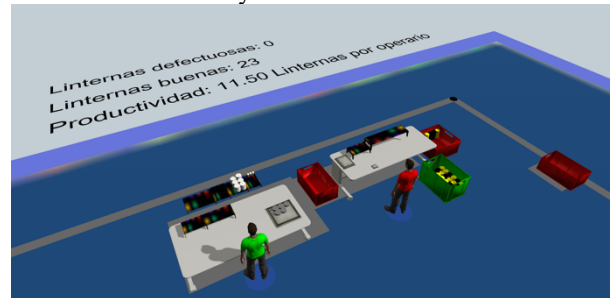


Figura 5 Resultado Simulador SHI

TABLA 7
ESTADO INICIAL DEL LABORATORIO SIMULADO

Estado inicial	
Distancia total recorrida (m)	3198.39
Linternas defectuosas al final de la línea	7
Cantidad de operarios	6
Productividad (lint/operario)	3.83
Lead time (min)	5.33
Producción de linternas/min	0.96
Min para terminar 23 linternas	24

TABLA 8
ESTADO FINAL DEL LABORATORIO SIMULADO

Estado final	
Distancia total recorrida	0
Linternas defectuosas al final de la línea	0
Cantidad de operarios	2
Productividad (lint/operario)	11.5
Lead time (min)	1.03
Producción de linternas/min	2.03
Min para terminar 23 linternas	11.33

TABLA 9
DIFERENCIA ENTRE EL ESTADO INICIAL Y FINAL DEL SIMULADOR

	Incremento o decremento	
Distancia total recorrida (m)	-3198.39	-100%
Linternas defectuosas al final de la línea	-7	-100%
Cantidad de operarios	-4	-67%
Productividad (lint/operario)	7.67	200%
Lead time (min)	-4.30	-81%
Producción de linternas/min	1.07	112%
Min para terminar 23 linternas	-12.67	-53%

A lo largo de la práctica de laboratorio, se lograron identificar y corregir el 95.65% de los desperdicios incluidos en el simulador, los cuales fueron abordados en menos de 80 minutos, que era el tiempo máximo para desarrollar el laboratorio (una hora clase). Además, se observa en la tabla de resumen que los resultados favorecieron a la línea de producción en diversas formas, ya que se optimizó el tiempo de trabajo de los operarios, se redujo la cantidad de operarios necesarios y se disminuyó la cantidad de linternas defectuosas, entre otros aspectos.

3) Comparación de Resultados

Para la comparación de resultados, se tomaron en cuenta diferentes KPIs, o Indicadores Clave de Desempeño, los cuales se utilizan para medir el desempeño de un proceso para alcanzar un objetivo fijado. Estos indicadores de desempeño seleccionados fueron los mismos que se tienen en cuenta para el laboratorio tradicional.

La línea de producción debía terminar con la menor cantidad de desperdicios posible, lo cual se logró en el laboratorio tradicional al finalizar las dos horas de clase. Este alcanzó el nivel de productividad buscado de 6 linternas por operario en 12 minutos de producción. Además, la tasa de producción fue de 2 linternas por minuto, lo cual significa que no existía sobreproducción, ya que a ese mismo ritmo "pedía producto el cliente". Si bien, los resultados fueron muy similares al utilizar el simulador, el nivel de productividad y la tasa de producción están ligeramente elevados. Esto sugiere que la sobreproducción no se erradicó por completo, lo cual es algo que se debe corregir para obtener resultados tan buenos como el método tradicional.

TABLA 10
CANTIDAD MÁXIMA DE IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS EN EL LABORATORIO TRADICIONAL

Desperdicio	Completado
Obstáculos	Si
Estación 2A-B	Si
Conveyer	Si
Operario Azul	Si
Operario blanco	Si
Operario morado	Si
Balanceo de líneas	Si
Inspección	Si
Rack de estación 1	Si
Sobreproducción	No del todo
Movimiento	Si
Transporte	Si
Porcentaje de completación	95.65%
Tiempo de completación	80 minutos
Nivel de Productividad	7 lint/operario
Tasa de producción	2.03 lint/min

TABLA 11
CANTIDAD MÁXIMA DE IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS EN LA PRÁCTICA PILOTO

Desperdicio	Completado
Obstáculos	Si
Estación 2A-B	Si
Conveyer	Si
Operario Azul	Si
Operario blanco	Si
Operario morado	Si
Balanceo de líneas	Si
Inspección	Si
Rack de estación 1	Si
Sobreproducción	Si
Movimiento	Si
Transporte	Si
Porcentaje de completación	100.00%
Tiempo de completación	160 minutos
Nivel de Productividad	6 lint/operario
Tiempo de completación	2 lint/min

El método de laboratorio tradicional tomó 160 minutos, identificando el 100% de los desperdicios en la línea de producción, mientras que el laboratorio mediante simulación tomó 80 minutos en total, lo que implica una reducción del tiempo del 50%. En este último, se logró identificar el 95.65% de los desperdicios. Esto significa que, en la mitad del tiempo que toma el laboratorio tradicional, se obtuvo un resultado sumamente satisfactorio mediante el laboratorio utilizando el simulador.

4) Validación de resultados

A) Asesoría

A lo largo de todo el desarrollo de la investigación, se llevaron a cabo reuniones con un asesor metodológico, quien brindó su asesoría para asegurar que la investigación se realizara con un orden lógico y de la mejor manera posible. Asimismo, se programaron diversas reuniones con el docente, quien actuó como asesor temático, en las cuales compartía su opinión de experto sobre los cambios que se podrían realizar

en el simulador para obtener mejores resultados durante las prácticas de laboratorio.

Estas reuniones con cada uno de los asesores generaron diversas mejoras en la investigación, como la correcta identificación de la población y muestras necesarias para obtener mejores resultados, un plan de trabajo más estructurado y guiado, y el uso de técnicas adecuadas para llevar a cabo cada una de las etapas de la investigación. Igualmente, se compartió información indispensable para la realización y mejora del simulador.

B) Mejoras a partir del Pilotaje

Durante las pruebas piloto, se logró identificar que los alumnos se mostraban interesados en el uso del simulador y lograron realizar muchos de los cambios que se buscaban. Sin embargo, los estudiantes enfrentaron dificultades para comprender la programación del simulador, lo que resultó en diversos errores del programa cuando intentaban hacer cambios en la configuración de la línea. Además, no se observaron cambios positivos en términos del tiempo utilizado en el desarrollo del laboratorio. También se identificó que los alumnos obtenían mejores resultados cuando tenían una descripción visual de los pasos en la elaboración de las linternas.



Figura 6 Error en el Simulador

Como consecuencia de los resultados de las dos pruebas piloto, se identificaron dos oportunidades de mejora: simplificar el manejo del simulador para facilitar los cambios que requieren un mayor nivel de comprensión del uso del simulador, y como segunda oportunidad de mejora, incluir una explicación visual del ensamblaje de la linterna para mejorar la comprensión del estudiante sobre las tareas necesarias en la línea de producción.

IV. CONCLUSIONES

Se logró identificar que la práctica de laboratorio de Detección de Desperdicios de la clase de SMO puede ser correctamente representada con un modelo de simulación en la herramienta FlexSim, logrando representar exitosamente el 100% de los desperdicios que se buscan ilustrar en el laboratorio tradicional, lo cual fue considerado satisfactorio por el docente encargado del laboratorio.

Mediante la implementación del laboratorio simulado, se observó que este puede ser completado en una hora clase (80 minutos) si los estudiantes cuentan con una base previa en el tema analizado, así como conocimientos básicos en el uso del

simulador FlexSim. Este laboratorio se llevó a cabo satisfactoriamente, identificando la mayoría de los desperdicios en el simulador y logrando modificar y mejorar el 95.65% de los desperdicios en la línea de producción.

En comparación con los resultados del laboratorio tradicional, el cual se completó en un 100% en 160 minutos, el uso del simulador redujo en un 50% el tiempo necesario para identificar el 95.65% de los desperdicios presentes en la línea de producción. Este resultado es satisfactorio, considerando que la pequeña diferencia podría atribuirse al alto nivel de familiarización previa con el tema del laboratorio por parte de los estudiantes de SMO, en comparación con los estudiantes de SHI.

Se refleja la efectividad del proceso de validación, ya que generó los cambios necesarios en el desarrollo del proyecto, como la identificación de que, en el estado actual de las prácticas de laboratorios, si se busca implementar la metodología de enseñanza por medio de simulación, se debe simplificar al máximo el simulador a utilizar, además de guiar la práctica. El 100% de estos cambios fueron implementados, lo cual fue de gran ayuda para generar mejores resultados en los laboratorios. Además, el proceso de validación proporciona un mayor nivel de credibilidad y fiabilidad en general a la presente investigación.

En relación con los parámetros de este estudio, se puede concluir que la simulación puede ser utilizada para complementar y desarrollar laboratorios para la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas en UNITEC, alcanzando así completar en un 95.65% los resultados obtenidos mediante la metodología tradicional, y reduciendo en un 50% el tiempo necesario para culminar la práctica de laboratorio. Este resultado se puede obtener siempre y cuando los estudiantes tengan conocimientos previos en el uso del simulador y reciban la orientación adecuada durante todo el laboratorio.

La integración de la simulación en la enseñanza de la Ingeniería Industrial y de Sistemas representa solo el comienzo de un vasto horizonte tecnológico que debe seguir siendo explorado. Esta herramienta no solo mejora la comprensión de conceptos complejos, sino que también proporciona un espacio para la experimentación segura y la resolución de problemas prácticos. A medida que la comunidad avanza en este mundo tecnológico en constante evolución, es imperativo continuar explorando nuevas formas de aprovechar la simulación para enriquecer la educación y preparar a los estudiantes para los desafíos futuros de la industria.

V. RECOMENDACIONES

A) Recomendaciones de Investigación

Con respecto a la primera conclusión, es crucial dedicar tiempo suficiente para analizar detalladamente la situación actual del laboratorio, profundizando en su funcionamiento y tiempos para desarrollar un modelo de simulación satisfactorio. Esto garantizará que no se pierda tiempo modificando el simulador repetidamente a medida que surjan correcciones necesarias.

En relación con la conclusión 2, para llevar a cabo las prácticas de laboratorio en 80 minutos, es fundamental estar

familiarizado con las diferentes alternativas que pueden surgir durante el proceso. Esto permitirá que el estudiante esté preparado para realizar cambios en el simulador de manera rápida y eficiente, evitando la pérdida de tiempo corrigiendo errores o pensando en cómo implementar cambios.

Considerando la conclusión número 4, es esencial realizar pruebas piloto para validar que el simulador desarrollado cuente con la información necesaria y el nivel de dificultad adecuado. Esto garantizará que los estudiantes, especialmente aquellos con poco conocimiento en el manejo de FlexSim, no dediquen la mayor parte del tiempo del laboratorio aprendiendo a utilizar el software. Además, se puede llevar a cabo una breve sesión introductoria sobre el uso de FlexSim con el mismo propósito.

B) Recomendaciones para la Empresa

En cuanto a la primera conclusión, es importante que los docentes encargados de estas clases reconozcan que el simulador proporcionado debe estar sujeto a procesos de mejora continua. Deben implementarse todas las mejoras pertinentes de acuerdo con las necesidades y requerimientos identificados por el docente responsable de la clase donde se implementen las herramientas de simulación.

En relación con el segundo objetivo, se sugiere a la Facultad de Ingeniería que brinde capacitación en el uso de FlexSim a todos los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial y de Sistemas que consideren oportuno utilizar esta herramienta en el desarrollo de sus prácticas de laboratorio. Esto facilitará su utilización y, al mismo tiempo, abrirá la posibilidad de crear más modelos de simulación.

VI. APLICABILIDAD

La presente investigación tiene el potencial de ser replicada para analizar diferentes universidades que incorporen el simulador FlexSim en sus planes de estudio de ingeniería. Los costos asociados dependerán de si la institución posee licencias del simulador y de si cuenta con las computadoras necesarias para llevar a cabo los laboratorios. Además, las partes restantes del proyecto no requieren inversiones económicas adicionales.

En términos de conveniencia de aplicación, la empresa analizada demostró un gran interés a lo largo de todo el proyecto. Por lo tanto, se recomienda evaluar si la empresa objeto de estudio manifiesta una disposición similar, dado que será necesario mantener un contacto directo con ellos en numerosas ocasiones, tanto para el desarrollo como para la verificación del proyecto.

VII. EVOLUCIÓN/TRABAJO FUTURO

Como próxima etapa de la investigación, se buscará analizar si las diversas universidades en Tegucigalpa que ofrecen la carrera de Ingeniería Industrial obtienen resultados similares al realizar estas prácticas de laboratorio utilizando simulación. Esto permitirá concluir si esta metodología es factible de manera generalizada. La línea de investigación que se empleará para esta etapa será la de diseño de experimentos, ya que se pretende comparar grupos de control (los resultados de los laboratorios desarrollados en UNITEC) con grupos variables (resultados de las demás universidades).

Los objetivos propuestos pueden incluir: seleccionar las universidades a analizar mediante una investigación rigurosa, implementar los laboratorios tradicionales y simulados en cada universidad utilizando la simulación en FlexSim y técnicas tradicionales, llevar a cabo la toma de tiempos de cada metodología en cada universidad, analizar los resultados obtenidos por cada universidad y, finalmente, validar la metodología mediante asesoría y otras herramientas pertinentes.

VIII. REFERENCIAS

- [1] Figueroa, A. (2020). *Fortalecimiento de los conceptos Lean Manufacturing a través del uso de escenarios simulados en FlexSim*. <https://repositorio.unitec.edu/bitstream/handle/123456789/11839/11741126-septiembre2020-i02-pi.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] Pinto, W. (2013). Implementación de talleres basados en el software de simulación FlexSim para la asignatura Técnicas Modernas de Optimización.
- [3] Patiño Álzate, F. L., & Ortiz Andrade, E. F. (2019). Implementación de prácticas de laboratorio usando Software Flexsim en cursos de Planeación de la Producción, Métodos y Tiempos, Logística y Distribución, Programación y Control de la Producción del programa de Ingeniería Industrial, Universidad Cooperativa de Colombia, Campus Cali. <https://repository.ucc.edu.co/items/de602917-2dcc-4baa-8518-1fe19b8983cb>
- [4] Pinto, W. (2013). Implementación de talleres basados en el software de simulación FlexSim para la asignatura Técnicas Modernas de Optimización. <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/149563.pdf>
- [5] Sampieri, R. (2006). *“Metodología de la investigación”* (Vol. 4). McGraw-Hill.
- [6] López González, W. O. (2013). *“El estudio de casos: Una vertiente para la investigación educativa”*. (17(56), 139-144). Educere. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35630150004.pdf>
- [7] Casal, J., & Mateu, E. (2003). TIPOS DE MUESTREO. Universitat Autònoma de Barcelona, [http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20\(Cómo%20diseñar%20una%20encuesta\)/TiposMuestreo1.pdf](http://mat.uson.mx/~ftapia/Lecturas%20Adicionales%20(Cómo%20diseñar%20una%20encuesta)/TiposMuestreo1.pdf)
- [8] González, N., Menéndez, J., García, C., & Fernández, M. (2013). *Revisión y propuesta de indicadores (KPI) de la Biblioteca en los medios sociales*. Revista Española de Documentación Científica. <http://eprints.rclis.org/18867/1/775-1319-1-PB.p>