



Simulación y prácticas en **LABORATORIO:** un enfoque para ingenieros industriales

Sebastian Alberto Peláez Gómez
Editor Académico

Simulación y prácticas en LABORATORIO: un enfoque para ingenieros industriales

Sebastián Alberto Peláez Gómez
Editor Académico



Simulación y prácticas en laboratorio: un enfoque para ingenieros industriales / Sebastián Alberto Peláez Gómez; Editor académico. – Bogotá D.C.: Editorial Politécnico Grancolombiano, 2024.
80 p.; il. 16x23 cm.

ISBN 978-628-7662-59-9
EISBN 978-628-7662-63-6

1. Ingeniería industrial – Laboratorios 2. Máquinas y herramientas 3. Sistemas de medición – Prácticas I. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano II. Tít.

SCDD 620.004

Co-BolUP

Sistema Nacional de Bibliotecas - SISNAB
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Calle 61 No. 7 - 69

Tel: 7455555, Ext. 1516

Bogotá, Colombia

© Derechos reservados
Primera edición, diciembre de 2024

Simulación y prácticas en laboratorio: un enfoque para ingenieros industriales

ISBN impreso: 978-628-7662-59-9
ISBN digital: 978-628-7662-63-6

Editor académico

Sebastián Alberto Peláez Gómez

Autores

Jairo Enrique Parra Herrera

Mario Julián Cañón Ayala

Gabriel Mauricio Yáñez Barreto

Sebastián Alberto Peláez Gómez

Alix Johanna Gaffaro García

Álvaro Enrique Hilarión Madariaga

Equipo editorial

Director editorial

Eduardo Norman Acevedo

Analista de producción editorial

Guillermo A. González T.

Corrección de estilo

María Elvira Mejía

Diseño y diagramación

Nancy Patricia Cortés Cortés

Impresión

CMYK, Diseño e impresos

¿Cómo citar este libro?

Peláez Gómez, S.A. (Ed.) (2024). *Simulación y prácticas en laboratorio: un enfoque para ingenieros industriales*. p. 80. Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano.

No se permite la reproducción total o parcial de esta obra, ni su incorporación a un sistema informático, ni su tratamiento en cualquier forma o medio existentes o por existir, sin el permiso previo y por escrito de la Editorial de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano. Para usos académicos y científicos, la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano accede al licenciamiento *Creative Commons* del contenido de la obra con: Atribución – No comercial – Compartir igual.



El contenido de esta publicación se puede citar o reproducir con propósitos académicos siempre y cuando se indique la fuente o procedencia. Las opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva del autor(es) y no constituye una postura institucional al respecto.

La Editorial del Politécnico Grancolombiano pertenece a la Asociación de Editoriales Universitarias de Colombia (ASEUC).

El proceso de gestión editorial y visibilidad en las Publicaciones del Politécnico Grancolombiano se encuentra CERTIFICADO bajo los estándares de la norma ISO 9001: 2015 código de certificación 660310.

Tabla de Contenido

Presentación	5
Capítulo 1.	
Prácticas de ergonomía y factores humanos sobre condiciones ambientales	7
<i>Ergonomics and human factors practice on environmental conditions</i>	
Capítulo 2.	
Práctica de simulación de Monte Carlo para generar lanzamientos de tiro al blanco simulados	29
<i>Monte Carlo simulation practice to generate simulated target shooting shots</i>	
Capítulo 3.	
El juego de las gomitas	37
<i>The gummies game</i>	
Capítulo 4.	
Ingeniería de métodos con LEGO	49
<i>Methods Engineering with LEGO</i>	
Capítulo 5.	
Construcción de instrumento para la metrología: calibrador de pie de rey	57
<i>Construction of an instrument for metrology: Caliper Gauge</i>	
Capítulo 6.	
Proyecto de diseño de piezas en un sistema CAD para dibujo técnico	67
<i>Design project of parts in a CAD system for technical drawing</i>	
Conclusiones generales	75



Presentación

La escuela Opina, en cabeza de algunos de sus profesores, y motivada por su quehacer integral para potenciar el programa de ingeniería industria, ha generado la construcción de unas prácticas de laboratorios que serán aplicadas durante el proceso de formación del estudiante. Se espera que este libro de prácticas sea un insumo para el quehacer y el apoyo docente; asimismo, se busca contribuir al fortalecimiento del proceso de aprendizaje del estudiante. Para lo anterior se abordarán prácticas de diferentes áreas de la ingeniería industrial, que buscan poner en práctica conocimientos que abordan en asignaturas como, logística, simulación, dibujo técnico, procesos industriales, organización y métodos y salud, así como seguridad en el trabajo, todas áreas que se abordan en la ingeniería industrial.

Bajo esta premisa, se invita a que el estudiante de ingeniería sea capaz de: concebir, diseñar, implementar y operar sistemas de ingeniería complejos de valor agregado en un entorno de ingeniería moderno basado en equipos para crear sistemas y productos.

Las prácticas que se plantean permiten incorporar en las aulas estas actividades, las cuales dinamizan y contribuyen a la didáctica. En este sentido, esta última se considera como el recurso que los docentes implementan para orientar el aprendizaje del estudiante.

En el Poli, la enseñanza y el aprendizaje se configuran a través de metodologías activas que tienen como objeto impulsar el aprendizaje

autónomo, el desarrollo del pensamiento y las competencias, los procesos de reflexión sobre el hacer, el actuar y los resultados que se obtienen de estos, el intercambio de experiencias y opiniones, así como generar conciencia y responsabilidad en los estudiantes acerca del entorno y la realidad cotidiana, en una sociedad cambiante y de la cual hace parte.

Los métodos propuestos en el libro están enmarcados en el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por retos, aprendizaje basado en proyectos, casos, simuladores, entre otros. Estos métodos reconocen qué aprender, qué se ha aprendido y qué no, qué medios o recursos contribuyen al aprendizaje, cómo se puede involucrar al estudiante de modo que sea consciente de su propio proceso.

Finalmente, la construcción de este libro de prácticas representa un aporte significativo a la comunidad académica y a todas sus partes interesadas. Compartir estas experiencias y recursos de los profesores puede contribuir a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizajes en la ingeniería industrial. Lo anterior será el inicio de la difusión de nuestras didácticas y un ejemplo para que otros colegas se animen a compartir las propias y, así, seguir formando mejores profesionales.

Capítulo 1

Prácticas de ergonomía y factores humanos sobre condiciones ambientales

*Ergonomics and human factors practice
on environmental conditions*

Sebastián Alberto Peláez Gómez
Correo electrónico: spelaez@poligran.edu.co
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Resumen

La ergonomía es una ciencia multidisciplinar que busca optimizar la interacción entre el humano y el sistema de trabajo, con el objetivo de mejorar el bienestar y la productividad. Se destacan sus características principales: enfoque sistémico, basado en el diseño y orientado al rendimiento y el bienestar. El ingeniero industrial, dentro de su quehacer, debe analizar y optimizar las condiciones de trabajo.

Los aspectos fundamentales de la ergonomía son: primero, enfoque sistémico que considera al humano como parte de un sistema integral, incluyendo aspectos físicos, fisiológicos, psicológicos y sociales, así como los elementos del entorno (físicos, sociales, informativos, etcétera). Segundo, el enfoque basado en el diseño: el ergónomo participa en todas las etapas del proceso de diseño, desde la planificación hasta la evaluación y mejora continua. Tercero, orientado al rendimiento y el bienestar: busca optimizar tanto el rendimiento del sistema (productividad, eficiencia, seguridad, etcétera), como el bienestar del trabajador (salud, satisfacción, desarrollo personal).

Aplicación de la ergonomía en el laboratorio: el laboratorio se centra en la aplicación de la ergonomía en dos áreas: condiciones ambientales y manejo manual de cargas.

Palabras clave: condiciones ambientales, ergonomía, prácticas de laboratorio.

Abstract

Ergonomics as a multidisciplinary science that seeks to optimize the interaction between the human and the work system, with the aim of improving well-being and productivity. Its main characteristics are highlighted: systemic approach, design-based and oriented to performance and well-being. The industrial engineer within his work is the analysis and optimization of working conditions.

Fundamental aspects of ergonomics: Systems approach: Considers the human being as part of an integral system, including physical, physiological, psychological and social aspects, as well as environmental elements (physical, social, informational, etc.). Design-based: The ergonomist participates in all stages of the design process, from planning to evaluation and continuous improvement. Performance and well-being oriented: It seeks to optimize both system performance (productivity, efficiency, safety, etc.) and worker well-being (health, satisfaction, personal development).

Application of ergonomics in the laboratory: The laboratory focuses on the application of ergonomics in two areas: environmental conditions and manual load handling.

Keywords: environment conditions, ergonomics, laboratory practices.

Introducción

Dentro del contexto del desarrollo profesional del ingeniero industrial existe una ciencia multidisciplinar en la que este tiene oportunidades de involucrarse; esta es la ergonomía, la cual se encarga del estudio del trabajo entre el hombre y el sistema. Sabemos que, en la actualidad, las actividades siguen requiriendo la labor del humano, aunque existen robots que pueden desarrollar actividades del humano; la aplicación, en muchos contextos, seguirá limitada a los recursos de las organizaciones. Lo anterior implicará que el humano siga siendo parte del sistema, este se adapta fácilmente a los sistemas. Sin embargo, esa adaptación es limitada, dado que exceder los límites puede llegar a incurrirle al humano el desarrollo de enfermedades.

La ergonomía tiene un contexto histórico en el que la inclusión de las ciencias humanas, que incurrieron en la exploración logró un punto de equilibrio entre la fisiología y la psicología, en el que se exploraba, por una parte, el tema de consumo de energía, posturas adoptadas por los trabajadores, aplicación de fuerzas y el manejo manual de cargas y, por otra, la presentación de la información y la satisfacción del trabajador en relación con el trabajo o labor ejecutada.

Sin embargo, ello no quedó únicamente en este aspecto, sino que también se contemplan aspectos, tales como la salud, la productividad, el diseño del trabajo o del espacio de trabajo. Así, entonces, de acuerdo con la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo el objetivo de la ergonomía es “garantizar que el entorno de trabajo esté en armonía con las actividades que realiza el trabajador” (Vedder y Laurig, 2010) que va muy de la mano, de acuerdo con la definición de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) desde el 2000:

[...] es la disciplina científica que se ocupa de la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica la teoría, los principios, los datos y los métodos al diseño con el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema.

De acuerdo con Jan Dul *et al.* (2012), la ergonomía o los factores humanos tienen unas características fundamentales para considerar:

- Adopta un enfoque sistémico: se centra en sistemas orientados a objetivos y diseñados a propósito, formados por seres humanos y su entorno. Lo anterior considera diferentes aspectos del humano, tales como los físicos, fisiológicos, psicológicos (afectivos y cognitivos) y sociales, así como aspectos del entorno (físicos, sociales, informativos, etcétera).
- Se basa en el diseño: el ergónomo estará inmerso en todas las etapas planificación, diseño, implementación, evaluación, mantenimiento, rediseño y mejora continua.

- Tiene enfoques hacia el rendimiento (productividad) y el bienestar: al adaptar el entorno al ser humano, se pueden conseguir dos resultados relacionados con el sistema: rendimiento —por ejemplo, productividad, eficiencia, eficacia, calidad, capacidad de innovación, flexibilidad, seguridad y protección (de los sistemas), fiabilidad, sostenibilidad— y bienestar —por ejemplo, salud y seguridad, satisfacción, placer, aprendizaje, desarrollo personal (Dul *et al.*, 2012)—.

Esas tres características se abordarán en prácticas de laboratorios, elementos que tienen que ver con las condiciones ambientales del entorno de trabajo desde tres consideraciones iluminación, ruido y temperatura y, por otra parte, un tema relacionado con la fisiología desde la perspectiva del manejo manual de cargas, aplicando herramientas de valoración como son la ecuación de levantamiento NIOSH y la evaluación postural REBA.

Consideraciones laboratorio condiciones ambientales

Iluminación

Por el sentido de la vista, el ser humano puede ver, pero, para que esto suceda, es necesario que haya luz para poder diferenciar el color y la perspectiva de los elementos que lo rodean. De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el 80 % de la información para la ejecución de un trabajo se puede realizar gracias a la vista. Por ende, el confort visual es un elemento fundamental para lograr bienestar en el humano y productividad del sistema, dado que, en casos del sistema, se podrá ver afectado por condiciones que lo rodean, tales como los colores o la disposición de la luminaria.

La mala iluminación está asociada a trastornos visuales, que pueden afectar el ojo y, en consecuencia, generar el desarrollo de enfermedades en la vista. Para contrarrestar esas condiciones, se propone que los elementos por considerar para que tengamos un buen confort visual, de acuerdo con lo indicado en la *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Restrepo, 2018), son los siguientes:

- Iluminación uniforme.
- Luminancia óptima.
- Ausencia de brillos deslumbrantes.
- Condiciones de contraste adecuadas.
- Colores correctos.
- Ausencia de luces intermitentes o efectos estroboscópicos.

Asimismo, para considerar un buen nivel de iluminación se pueden considerar niveles de iluminación en función de las tareas realizadas de manera general; para el caso colombiano, existe un Reglamento de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP, capítulo 4). A continuación, se presenta una extracción de las recomendaciones de iluminación, las cuales son una adaptación de la norma ISO 8995 “Principles of Visual Ergonomics —The Lighting of Indoor Work Systems” (figura 1).

Tipo de recinto y actividad	UGR _L	IRC	Niveles de Iluminancia (lx)		
			Mínimo	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones					
Áreas de circulación, corredores	28	0,6	50	100	150
Escaleras, escaleras mecánicas	25	0,6	100	150	200
Vestidores, baños	25	0,7	100	150	200
Almacenes, bodegas	25	0,7	100	150	200
Talleres de ensamble					
Trabajo pesado, montaje de maquinaria pesada	25	0,7	200	300	500
Trabajo intermedio, ensamble de motores, ensamble de carrocerías	22	0,8	300	500	750
Trabajo fino, ensamble de maquinaria electrónica y de oficina	19	0,9	500	750	1000
Trabajo muy fino, ensamble de instrumentos	16	0,9	1000	1500	2000

Figura 1. Extracción de recomendaciones de niveles de iluminación de acuerdo con el RETILAP
Fuente: RETILAP (2024).

También se puede considerar la siguiente figura como referencia, que proporciona la *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (Restrepo, 2018).

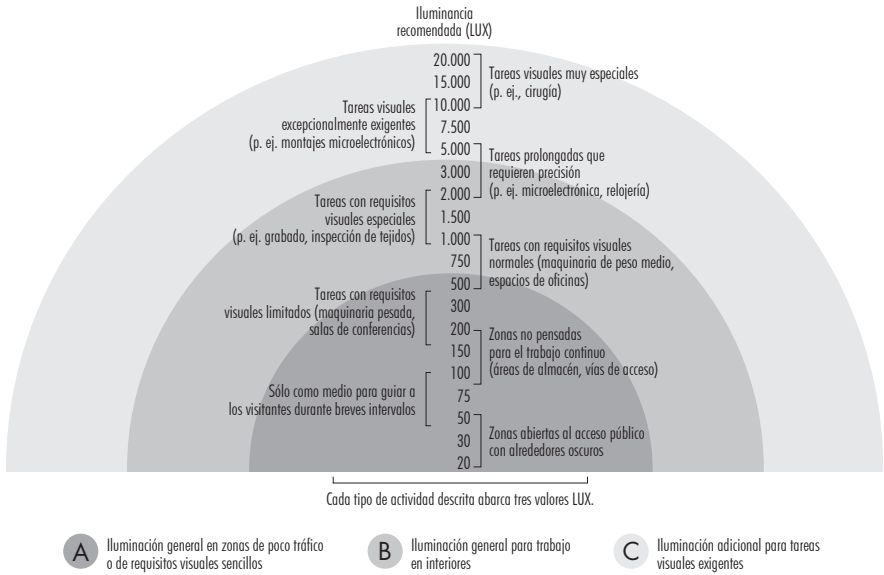


Figura 2. Niveles de iluminación en función de las tareas realizadas

Fuente: Restrepo (2018).

Medición de la iluminación

Para la medición de la iluminación será necesario el uso de un equipo debidamente calibrado, denominado luxómetro, que permite hacer la medición por medio de una celda fotovoltaica. Para ello se utiliza una técnica de estudio fundamentada en una cuadrícula de puntos de medición que cubre toda la zona analizada. La base de esta técnica es la división del interior en varias áreas iguales, cada una de ellas idealmente cuadrada. Esta técnica se conoce como la constante del salón o en inglés *Room Index*:

Constante del Salón (K o RI)

$$= \frac{\text{Longitud del espacio de trabajo} * \text{Ancho del espacio de trabajo}}{\text{Altura del plano de trabajo} * (\text{longitud del espacio de trabajo} + \text{Ancho del espacio de trabajo})}$$

A modo de ejemplo puede considerar lo siguiente:

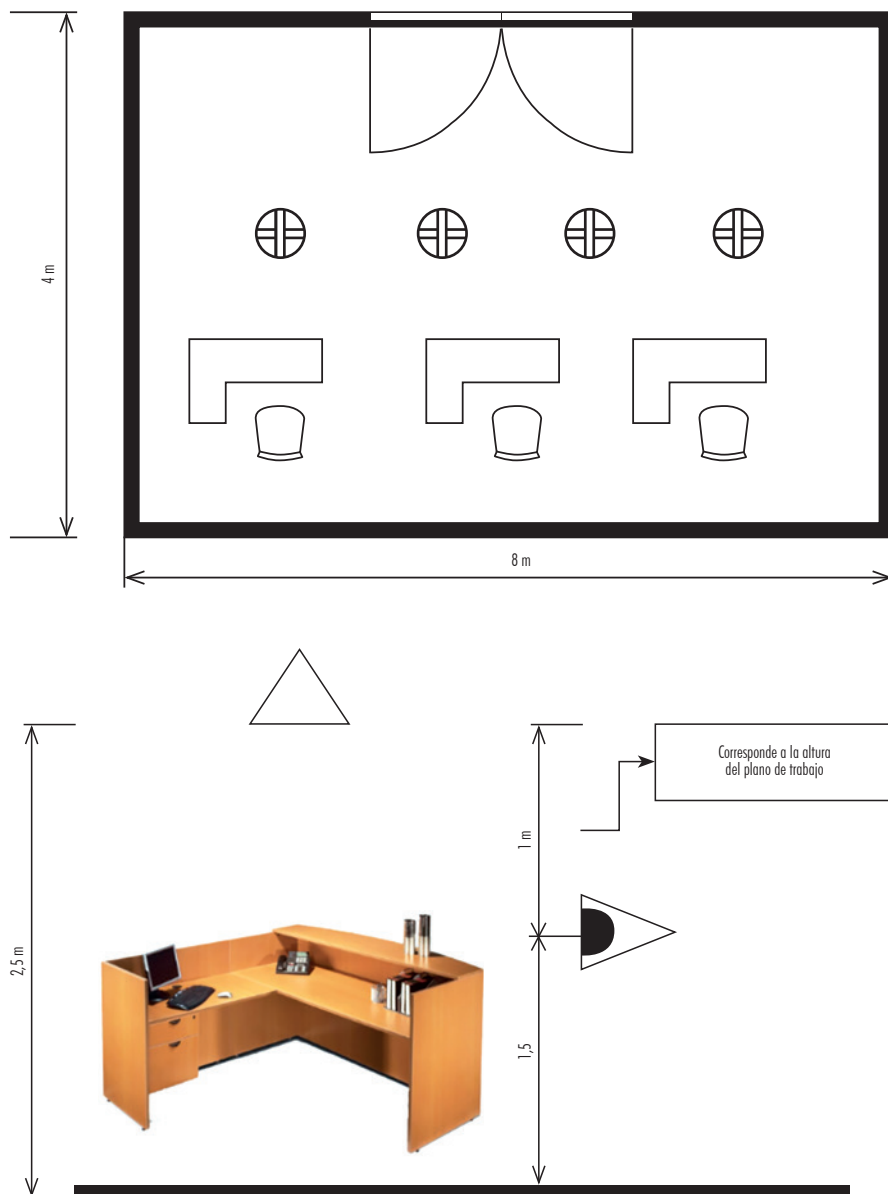


Figura 3. Ejemplo de plano de trabajo

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura anterior, el resultado de aplicar la fórmula sería de:

Longitud del salón = 8 m

Ancho del salón = 4 m

Altura del plano de trabajo = 1 m

$$k = \frac{8\text{ m} * 4\text{ m}}{1\text{ m} * (8\text{ m} + 4\text{ m})} = \frac{32}{12} = 2,67$$

Para calcular la cantidad de puntos para realizar la medición será necesario considerar una recomendación de valor de la constante que se indica a continuación, o podrá calcularla bajo una expresión de mínimo de puntos de medición que se expresa en la siguiente fórmula:

*Número mínimo de puntos de medición = (x + 2)²,
donde x será el K o RI redondeado al número entero*

Tabla 1. Valores de K con la cantidad mínima de medición de puntos

K (Constante del Salón) o RI (Room Index)	Número mínimo de puntos a medir
<1	4
Entre 1 y < 2	9
Entre 2 y < 3	16
Mayor o igual a 3	25

Según el número mínimo de puntos por medir, se deben contemplar, por lo menos, diez datos por punto de medición. Estos se deben capturar a la altura del plano de trabajo, de acuerdo con el puesto de trabajo que se analice.

Ruido

Para iniciar a hablar de ruido es necesario primero definir qué es sonido. El sonido se emite por los tres estados de la materia (líquido, sólido y gaseoso), el sonido se produce por la vibración que se hacen en estos

medios y cualquier elemento puede llegar a hacer fuente de sonido, siempre y cuando, este se encuentre en vibración. La medida que se usa para medir el sonido que percibe el humano es el decibel (dB) y toma como referencia el menor nivel de presión sonora que el oído humano medio puede detectar.

De acuerdo con la definición del ruido por parte de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), en su libro *Introducción al estudio del trabajo*, se entiende por ruido todo sonido desagradable o no deseado por la persona (Kanawaty, 1996). La exposición a ruidos puede llevar a la generación de trastornos o afectaciones al sistema sensomotriz o al sistema metabólico. La exposición constante a condiciones de ruidos que no son favorables para el humano puede conllevar a la pérdida de la audición y tener sordera derivada por la exposición a este factor de riesgo.

Se considera una exposición a niveles de ruidos continuos iguales o superiores 90 dB(A) puede llegar a hacer perjudicial para la salud de las personas, sin embargo, de acuerdo con la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales durante una jornada de 8 horas no se debe superar los 85 dB(A). Esta exposición, como se mencionó con anterioridad, puede generar efectos en la salud y en el entorno como:

- Deterioro auditivo de origen laboral.
- Deterioro auditivo de origen no laboral.
- Acufeno (zumbido en los oídos).
- Interferencia en la comunicación y la seguridad.
- Molestias.
- Efectos en el rendimiento laboral.

Medición del ruido

Para realizar la valoración del ruido se debe reconocer que existen tres tipos de ruido, continuos, intermitentes o de impulso, cada uno de estos tendrán espectros y frecuencias diferente. Los principales objetivos de la medición del ruido en los entornos de trabajo son:

- Identificar a los trabajadores sometidos a exposiciones excesivas y cuantificar estas exposiciones.

- Valorar la necesidad de implantar controles de intervención técnicos del ruido.

El instrumento de medida más usado para medir ruido ambiente es el sonómetro, sin embargo, si deseamos conocer la exposición directa de ruido sobre el humano se deberá utilizar los dosímetros.

El sonómetro (figura 4) es un instrumento electrónico sencillo que consiste en un micrófono, un amplificador y filtros. El filtro que más se usa es la ponderación A, que simula la curva de respuesta del oído del humano. Los sonómetros ofrecen, asimismo, diversas respuestas de medición: la respuesta “lenta”, con una constante de tiempo de 1 segundo; la respuesta “rápida” con una constante de tiempo de 0,125 segundos; y la respuesta “impulsivo” que tiene una respuesta de 35 metros para la parte creciente de la señal y una constante de tiempo de 1500 metros para la parte decreciente de la señal. Como resultado se obtienen los valores mínimos y máximos en los cuales oscila el ruido en el espacio de trabajo.



Figura 4. Sonómetro

Fuente: Extech (2023).

Se contemplan tres tipos de métodos de medición, los cuales son:

- Método de control.
- Método de ingeniería.
- Método de precisión.

Para la práctica se usará el método de control, el cual consiste en medir los niveles de ruido en los entornos de trabajo, utilizando un número limitado de puntos de medida, los cuales puede tomar como base los mismos, calculado en el de iluminación, si está haciendo una evaluación de condiciones ambientales. Este método no realiza un análisis detallado del ambiente acústico, pero permite caracterizar condiciones para un estudio más profundo, en el que uno puede observar los factores temporales, como, por ejemplo, si el ruido es constante o intermitente y los trabajadores cuánto tiempo están expuestos. Se recomiendan dos tipos de procedimientos para realizar la medición:

Tabla 2. Procedimientos de medición de ruido

Niveles de ruido en áreas	Exposición de ruido
Se puede hacer un levantamiento de plano de trabajo y hacer las mediciones de ruido en los diferentes entornos, segmentando el plano en una red de coordenadas, que como resultado tendrá un mapa de ruido que permite identificar áreas en riesgo.	Se deberá medir, por lo menos, el 80 % de la jornada de trabajo y se deberá hacer uso del dosímetro de ruido.



Figura 5. Ejemplo de mapa de ruido ambiental en zona urbana (Bogotá, Chapinero)

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente (2023).

Temperatura

En el marco de la temperatura, el humano estará expuesto a diferentes condiciones ambientales, el cuerpo del humano tiene la capacidad de entrar en un balance térmico gracias a la actuación del sistema nervioso central, por medio del hipotálamo, que funciona como termostato, gracias a los termorreceptores que están en el cuerpo.

La exposición a un ambiente térmico, que puede ser gélido, frío, fresco, templado, caluroso o de calor abrasador, causa reducciones de los rendimientos físico y mental, irritabilidad, incremento de la agresividad, de las distracciones, de los errores, incomodidad por sudar o temblar, aumento o disminución del ritmo cardíaco, incluso, la muerte. El humano puede absorber calor del medio ambiente por medio de convección, radiación si la temperatura de globo (una medida del calor radiante) y la temperatura del aire (bulbo seco) sobrepasan respectivamente la temperatura cutánea, lo anterior haciendo referencia a la temperatura WBGT que se abordará más adelante.

Eso si solamente hablamos de condiciones de temperatura. Sin embargo, para realizar cualquier tipo de actividad nuestro cuerpo requerirá de consumo energético (calórico), lo cual implica aceleración del metabolismo. Las actividades que realiza el humano para ejecutar algún esfuerzo físico se miden por su consumo energético, en joules, en watts, o en kilocalorías, aunque existe el MET como unidad del nivel de actividad, que equivale a 58 W/m², o 50 kcal/hm², y cuya escala se muestra a continuación:

Tabla 3. Escala de MET (1 MET = 58,15 W/m²)

W/m ²	Met	Kcal/m ² h	Kcal/h
58	1	50	90
69.6	1.2	60	110
81.2	1.4	70	125
92.8	1.6	80	145

Fuente: Mondelo *et al.* (1999).

La ISO 8996 ha propuesto unas recomendaciones para el consumo metabólico por las actividades y profesiones, en general, estas han sido recopiladas para su consulta.

<i>Actividad</i>	<i>met</i>	<i>w/m²</i>
En reposo, estirado	0,8	47
Sentado, sin actividad especial	1,0	58
Actividad sedentaria (oficina, casas, laboratorio, escuela)	1,2	70
De pie, relajado	1,2	70
De pie, actividad ligera (compras, laboratorio, industria ligera)	1,6	93
De pie, actividad media (trabajos domésticos, dependiente)	2,0	117
Actividad alta (carga y descarga, maquinaria pesada)	3,0	175

Fuente: Mondelo *et al.* (1999).

Por otra parte, se requiere la medición de la temperatura; esta se va a ver afectada por muchas condiciones del entorno donde se realice la valoración de la temperatura. De acuerdo con las condiciones del calor, se presentarán muchas condiciones físicas, como lo son:

- Conducción.
- Convección.
- Radicación.
- Evaporación.
- Humedad en el ambiente.
- Velocidad del aire.

La afectación de cualquiera de esas variables podrá generar afectaciones en el cuerpo humano, como lo son el síncope de calor, que es una pérdida de conocimiento temporal, que es presidido de palidez, visión borrosa, mareo y náuseas. Edema por calor, hinchazón de alguna parte del cuerpo. Calambre por calor, como consecuencia de trabajo físico más elevadas temperaturas. El agotamiento por calor, ocasionado, en general, por una deshidratación por el exceso de sudoración.

Con el ánimo de contrarrestar esas afectaciones, existen recomendaciones y manejo de variables térmicas para mejorar el estrés térmico en el que el humano puede estar expuesto; para ello se recomienda, en principio, mencionar las condiciones de trabajo, proporcionar hidratación y recuperación de electrolitos; modificar las prácticas de trabajo, prendas que protejan de las condiciones climáticas considerando protección y que permitan sudoración; y por último, control climático, siempre y cuando eso pueda afectar la temperatura, retirando humedad del ambiente, entre otras consideraciones que se puedan trabajar.

Para realizar la evaluación en los entornos de trabajo relacionados con la temperatura hay varias estrategias, las cuales son:

- Índice por estrés térmico (Heat Stress Index).
- Tasa de sudoración requerida.
- Tasa de sudoración prevista durante 4 horas.
- Frecuencia cardíaca.
- Índice de temperatura de globo de bulbo húmedo (WBGT).

Para la práctica de este laboratorio nos enfocaremos en el último, que es un criterio sugerido por la ISO 7243, el cual permite hacer una valoración contemplando el consumo calórico y la temperatura, lo cual lo hace muy sencillo, dado que puede ser usado con tablas, o si lo desea, por medio de medición directa también. Este método contempla tres temperaturas, húmeda natural, del aire y globo.

- Temperatura de globo: es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera de las siguientes características:
 - 150 mm de diámetro.
 - Coeficiente de emisión medio: 90 (negro y mate).
 - Grosor: tan delgado como sea posible.
 - Escala de medición: 20°C-120°C.
 - Precisión: $\pm 0,5^\circ\text{C}$ de 20°C a 50°C y $\pm 1^\circ\text{C}$ de 50°C a 120°C.
- Temperatura húmeda natural: es el valor indicado por un sensor de temperatura recubierto de un tejido humedecido que es

ventilado de forma natural, es decir, sin ventilación forzada. Esto último diferencia a esta variable de la temperatura húmeda psicrométrica, que requiere una corriente de aire alrededor del sensor y que es la más conocida y utilizada en termodinámica y en las técnicas de climatización.

- Temperatura seca del aire (T_A): es la temperatura del aire medida, por ejemplo, con un termómetro convencional de mercurio u otro método adecuado y fiable.

Medición de la WBGT

Mediante las siguientes ecuaciones se obtiene el índice WBGT:

Para interiores o exteriores sin radiación solar

$$WBGT = 0,7 * THN + 0,3 TG$$

Para exteriores con radiación solar

$$WBGT = 0,7 * THN + 0,2 TG + 0,1 TA$$

Cuando la temperatura no es constante en los alrededores del puesto de trabajo, de forma que puede haber diferencias notables entre mediciones efectuadas a diferentes alturas, debe hallarse el índice WBGT realizando tres mediciones, a nivel de tobillos, abdomen y cabeza, utilizando la expresión:

$$WBGT = \frac{WBGT(Cabeza) + 2 * WBGT(Abdomen) + WBGT(tobillos)}{4}$$

Contemplar el consumo metabólico (M) puede medirse a través del consumo de oxígeno del individuo, o estimarlo mediante tablas de la norma iso 8996. Esta última forma es la más utilizada.

Una vez obtenidos los valores, se puede hacer una valoración usando la gráfica de la ISO 7243:

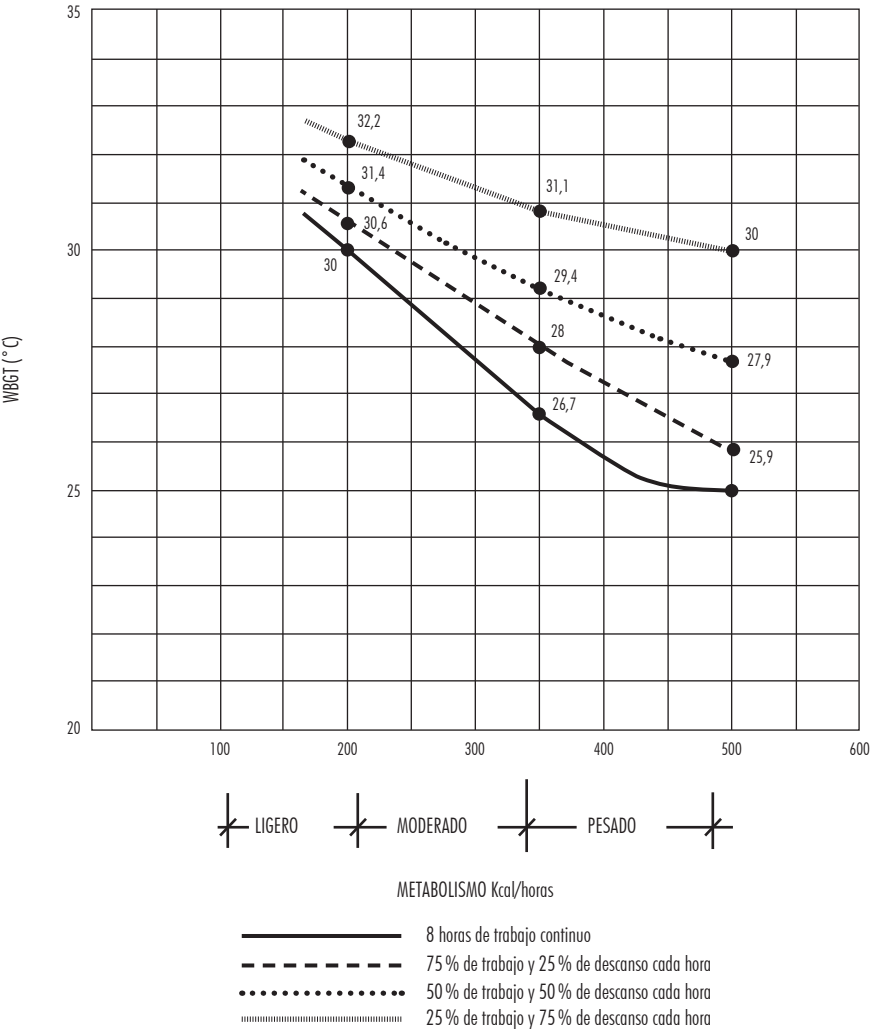


Figura 6. Evaluación del índice de WBGT

Fuente: Mondelo et al. (1999).

Objetivos de aprendizaje

- Analizar los datos obtenidos en las mediciones de las condiciones ambientales relacionadas con ruido, iluminación y temperatura.
- Establecer recomendaciones para mejorar las condiciones del puesto de trabajo con un caso práctico.
- Identificar las medidas de control aplicables para mejorar las condiciones de un puesto de trabajo.

Desarrollo

La práctica que se desarrollará en el laboratorio tendrá una duración de 2 horas y comprende la evaluación de las condiciones ambientales y factores de riesgo asociados a estas condiciones. Cada grupo recibirá los equipos de medición de los factores anteriormente listados. La práctica debe ser desarrollada de la siguiente manera:

- Presentación y resolución de dudas.
- Asignación de elementos de medición.
- Definición de las condiciones de toma de datos.
- Levantamiento de información relacionada.
- Mediciones de iluminación.
- Mediciones de ruido.
- Mediciones de temperatura.
- Registro de las mediciones.

Producto esperado

El grupo de trabajo deberá desarrollar un informe ejecutivo que contenga la siguiente información:

Tabla 4. Informe ejecutivo

Contenido	Descripción
Resumen ejecutivo (5 puntos)	Un párrafo conciso de resumen de los aspectos más importantes de la práctica: objetivos, procedimiento, resultados, conclusiones, recomendaciones y beneficios.
Marco teórico (5 puntos)	En máximo 1 página explicar por qué es importante en el puesto de trabajo de estudio el análisis de las condiciones del entorno (iluminación, ruido, temperatura) y el diseño del puesto de trabajo para el desempeño de la labor. La consulta la debe realizar utilizando los recursos bibliográficos de la Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano o Google Académico.
Resultados (10 puntos)	Para efectos de esta práctica de laboratorio cada grupo de trabajo debe presentar como resultados: – Descripción de las tareas que se desarrollan en el espacio de trabajo (simulado), específicamente por cada punto de medición establecido. – Documentación general del contexto de trabajo: • <i>Iluminación</i>: requerimiento visual de la tarea, tipo de luminarias, tipo de iluminación, estado de las luminarias, presencia de brillos deslumbrantes, color de paredes, piso y techo, y demás. • <i>Ruido</i>: identificación y descripción de fuentes de ruido, tipo de ruido presente en el ambiente, tiempos de exposición a ruido de los trabajadores, si actualmente hay medidas de prevención y protección a ruido (ejemplo: uso de tapa oídos, máquinas con aislamiento acústico, aislamiento de áreas de trabajo generadoras de ruido, entre otras). • <i>Estrés térmico</i>: fuentes generadoras de calor indicando las formas de transferencia de calor hacia el ambiente de trabajo, tipo de actividad desarrollada (sedentaria o intensa) y características de la operación, características del vestuario de los colaboradores, contextura física de los colaboradores, tiempo de exposición, y demás aspectos considerables. – Plano de espacio de trabajo analizado, con las convenciones indicadas en clase. – Tabla con las mediciones tomadas con los equipos, según guía trabajada en clase.

Contenido	Descripción
Análisis de resultados (20 puntos)	Los resultados obtenidos deben ser analizados teniendo en cuenta lo siguiente. Iluminación: – Tipo de tarea que va a ser estudiada. – Estándares de iluminación definidos en el RETILAP, para el tipo de trabajo analizado. – Cumplimiento de estándares de iluminación. – Condiciones necesarias para desempeñar la tarea. – Recomendaciones para mejorar las condiciones de iluminación en el área de trabajo analizada. Ruido: – Estándares para niveles de ruido seguro establecidos en la Resolución 1792 de 1990 de la OIT (utilizados para prevención de enfermedad laboral). – Estándares de niveles de ruido recomendados según tipo de edificio/ local establecidos en la NTP 503 del INSHT (utilizados para optimizar el desempeño laboral). – Tipo de tarea que va a ser estudiada. – Cumplimiento de estándares de ruido. – Condiciones necesarias para desempeñar la tarea. – Recomendaciones para mejorar las condiciones de ruido en el área de trabajo analizada. Estrés térmico: – Cálculo del consumo metabólico que demanda la actividad analizada. – Estándares para WBGT. – Estándares para la humedad relativa. – Tipo de tarea que va a ser estudiada. – Cumplimiento de estándares de estrés térmico. – Condiciones necesarias para desempeñar la tarea. – Recomendaciones para mejorar las condiciones de estrés térmico en el área de trabajo analizada.
Conclusiones (10 puntos)	Presentar las conclusiones más importantes que haya sacado cada grupo de trabajo de los resultados y que estén relacionadas con los objetivos de la práctica.

Tenga en cuenta que, para la presentación del informe ejecutivo, este se debe presentar con fuente Arial tamaño 12, y puede seguir normas

APA O IEEE.

Requerimientos técnicos para los inscritos

Para el desarrollo de la práctica de laboratorio se deberá contar con:

- Instalaciones simuladas de un puesto de trabajo por analizar.
- Sonómetro o en su defecto puede utilizar la aplicación para Android o sistemas iOS.
- Medidor de temperatura o en su defecto para el ejercicio académico *app* para Android o sistemas iOS.
- Luxómetro o en su defecto para el ejercicio académico la aplicación para Android o sistema iOS.
- Medidor de distancia o en su defecto para el ejercicio académico la aplicación para Android o sistema iOS.

Conclusiones

En el campo de formación de un ingeniero industrial es importante que este explore la relación entre el entorno de trabajo y cómo este ambiente afecta el bienestar del trabajador. Con la práctica se espera que se pueda optimizar la interacción entre el entorno y el humano, lo que permite generar mejoras en el rendimiento del sistema, bien sea de servicios o productos y la salud del trabajador.

Las prácticas de ergonomía y factores humanos involucradas en la formación del ingeniero industrial, hoy en día, es un elemento esencial para que este pueda crear entornos de trabajo saludables y productivos. Con la práctica realizada se proporciona una buena base para comprender la ergonomía y su aplicación con esta práctica de laboratorio. Se invita al interesado en el área que consulten recursos adicionales para profundizar y que pueda seguir desarrollando las habilidades técnicas como ingeniero en factores humanos.

Referencias

- Dul, J., Bruder, R., Buckle, P., Carayon, P., Falzon, P., Marras, W. S., Wilson, J. R. y van der Doelen, B. (2012). A Strategy for Human Factors/Ergonomics: Developing Discipline and Profession. *Ergonomics*, 55(4), 377-395. <https://doi.org/10.1080/00140139.2012.661087>
- Kanawaty, G. (1996). Introducción al estudio del trabajo. <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-al-estudio-del-trabajo-oit.pdf>
- Mondelo, P., Gregori, E. y Barrau, P. (1999). *Ergonomía 1 Fundamentos* (3ª ed.). UPC.
- Restrepo, E. (2018). Iluminación. En *El torso de Venus*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. <https://doi.org/10.2307/j.ctv893j2s.33>
- Vedder, J. y Laurig, W. (2010). Ergonomía: Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público-RETILAP LIBRO 3 instalaciones de sistemas de iluminación reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP, 2024).

Capítulo 2

Práctica de simulación de Monte Carlo para generar lanzamientos de tiro al blanco simulados

*Monte Carlo simulation practice to generate
simulated target shooting shots*

Mario Julián Cañon Ayala

Correo electrónico: mcanon@poligran.edu.co

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano



Resumen

La simulación es una herramienta de la ingeniería industrial que permite crear representaciones aleatorias de modelos físicos y electrónicos que ayudan a tomar decisiones fuera del ambiente real ya que resultaría costoso experimentar. Para generar estas representaciones aleatorias se requiere conocer la aplicación de las distribuciones de probabilidad acumuladas e inversa que tienen fundamento en el análisis de los datos de entrada. En esta práctica de laboratorio se propone simular la puntuación obtenida en un tiro al blanco en la que se requiere una toma de datos junto con la creación de las distribuciones de probabilidad acumulada e inversa del jugador. Luego, se crearán simulaciones de tiro a partir de lanzamientos simulados por medio de simulaciones de Monte Carlo. Como resultado de la práctica, se espera que los estudiantes apliquen los conceptos de probabilidad acumulada, transformada inversa y creación de observaciones discretas simuladas a partir de datos de una experiencia real. Con esta práctica, el estudiante de ingeniería industrial conocerá el proceso de simulación de un sistema físico desde la toma de datos, pasando por el análisis y la simulación, que es el proceso resumido de simulación de cualquier proceso físico o electrónico.

Palabras clave: análisis de datos, distribución acumulada de probabilidad, simulación de Monte Carlo, transformada inversa de probabilidad.

Abstract

Simulation is a tool in industrial engineering that allows the creation of random representations of physical and electronic models, aiding decision-making outside the real decision-making environment where experimentation can be costly. To generate these random representations, it is necessary to understand the application of cumulative and inverse probability distributions, which are based on the analysis of input data. In this lab practice, we propose simulating the score obtained in a target shooting scenario, which requires data collection along with the creation of the player's cumulative and inverse probability distributions. Then, shooting simulations will be created using simulated shots through Monte Carlo simulations. As a result of this practice, students are expected to apply concepts of cumulative probability, inverse transform, and the creation of discrete simulated observations from real experience data. Through this practice, the industrial engineering student will become familiar with the simulation process of a physical system, from data collection through analysis and simulation, which is the summarized process of simulating any physical or electronic process.

Keywords: data analysis, cumulative probability distribution, Monte Carlo simulation, inverse probability transform.

Introducción

La simulación es una herramienta de la ingeniería que permite representar el comportamiento operacional de un sistema para aplicar cambios artificiales. Esta metodología se basa en un modelo del sistema que relaciona las entradas y las salidas del sistema, asumiendo condiciones en forma matemática, lógica y de interacción entre las entidades del sistema. Una de las metodologías utilizadas para representar eventos discretos en un sistema son las simulaciones de Monte Carlo.

La simulación se puede crear a partir de modelos físicos como las plantas piloto y los modelos matemáticos que pueden ser determinísticos y estocásticos. Dentro de los modelos estocásticos (probabilísticos) se encuentran los modelos de simulación de tiempo discreto. Estas simulaciones representan eventos aleatorios independientes, como la llegada de un paciente a urgencias de un hospital, que depende de su condición de

salud más que de los demás pacientes. La naturaleza discreta de estas simulaciones pasa de la simulación manual a eventos que son fáciles de implementar en ambientes digitales. Este tipo de simulaciones no solo pueden simular eventos discretos, sino que también pueden discretizar eventos continuos como niveles en tanques de líquidos y variables físicas como altura y peso.

Las simulaciones de Monte Carlo representan el comportamiento de un sistema en un tiempo específico y se pueden categorizar como simulaciones estáticas. Esta metodología fue desarrollada en la Segunda Guerra Mundial y aplicada al desarrollo de la bomba atómica. En las aproximaciones civiles, las simulaciones de Monte Carlo se han aplicado en modelos financieros, de manufactura, de logística, de distribución eléctrica, atención al cliente, líneas de espera, ciencias ambientales, control de calidad, entre otras.

El comportamiento del sistema depende solo de ese punto de tiempo, como el lanzamiento de una moneda donde obtener cara no depende del lanzamiento de un tiempo anterior. No obstante, las simulaciones de eventos discretos independientes pueden generar una salida conjunta. Ese es el caso de pensar en simular el lanzamiento de una moneda durante 10 ocasiones y ganar \$ 1000 por cada cara y \$ 0 por cada sello, por lo tanto, se tendría una ganancia que depende de la cantidad de caras obtenidas. Estas simulaciones dependen de las probabilidades de ocurrencia de cada evento que se obtienen del comportamiento real del sistema. Por ejemplo, una ventanilla de un aeropuerto puede recibir entre cero y n personas, y cada cantidad tiene una probabilidad de ocurrencia entre el 0 % y 100 %.

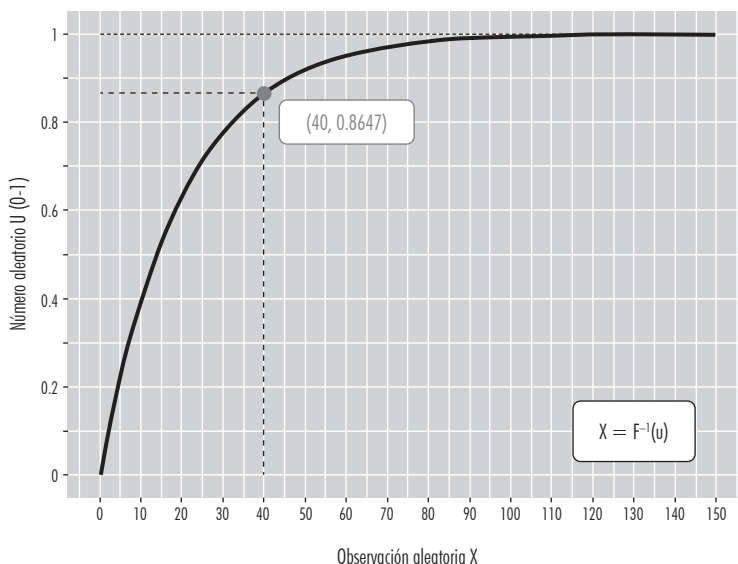


Figura 1. Transformada inversa

La distribución de probabilidad inversa es una función que permite pasar de aleatorios uniformes U entre 0 y 1, que representan probabilidades acumuladas de una variable, a valores de la variable X que queremos simular. Por ejemplo, un dado de 6 caras tiene probabilidades de $1/6$ por cara, y la distribución acumulada puede arrojar un aleatorio uniforme entre 0 y 1 que pueda corresponder a una de las caras, con lo cual, se pueden generar lanzamientos de dado simulados a partir de aleatorios uniformes entre 0 y 1. Los generadores de números aleatorios representan el fundamento de las simulaciones de Monte Carlo y la distribución de probabilidad inversa es la encargada de utilizar los aleatorios uniformes para generar una observación simulada a partir de la distribución de probabilidad acumulada. En esta práctica de laboratorio aprenderemos a aplicar este proceso de simulación a partir de una toma de datos de un sistema real para generar observaciones simuladas.

Esta actividad permitirá conocer el proceso de simulación de eventos discretos que es fácil de implementar en escenarios de producción y

servicios, y complementarán el aprendizaje en el campo del modelado y simulación en ingeniería industrial. En esta actividad se simulará el puntaje obtenido en un juego de tiro al blanco a partir de la recolección de datos, el histograma, la distribución de probabilidad acumulada, la transformada inversa para, finalmente, generar lanzamientos simulados de acuerdo con la precisión del jugador.

Objetivos de aprendizaje

- Realizar análisis de datos mediante las distribuciones de densidad de probabilidad y probabilidad acumulada.
- Implementar una distribución de probabilidad inversa para generar datos simulados.

Desarrollo

Esta práctica debe ser realizada en grupos de entre dos y cinco personas que utilizarán un tiro al blanco de círculos que tenga puntuaciones entre uno y diez por lanzamientos con dardos (ver figura 2). Adicionalmente, se requiere un computador con Word y Excel.



Figura 2. Tiro al blanco circular de 10 puntos

Fuente: <https://www.freepik.es/>

Una vez conformados los grupos, se deben realizar las siguientes actividades:

- El grupo debe seleccionar dos personas para que realicen cinco lanzamientos de tiro al blanco cada uno. Los jugadores se alternarán cada tres lanzamientos y las puntuaciones deben ser consignados en una tabla como la siguiente:

Tabla 1. Tabla de datos

Lanzamiento	Puntuación jugador 1 (0-10)	Puntuación jugador 2 (0-10)
1		
2		
...		
50		

- Calcular el promedio y la desviación del puntaje de lanzamiento de cada jugador utilizando los datos recolectados. Según estos indicadores, ¿cuál es el mejor jugador y por qué?
- Realice una distribución de frecuencias de las puntuaciones obtenidas y calcule las frecuencias relativas simple y acumulada por cada jugador.
- Realice los histogramas de las puntuaciones de los jugadores y analice su comportamiento.
- Investigue lo que es la distribución inversa en simulación. No se olvide citar los textos utilizados.
- Considerando el punto anterior, realice la distribución inversa para cada jugador que permita obtener puntuaciones por lanzamiento a partir de números aleatorios uniformes.
- Cree una hoja de cálculo en la que realice una partida simulada de cincuenta lanzamientos entre el jugador 1 y el jugador 2. Calcule la puntuación total de cada jugador.

- Con la hoja de cálculo anterior realice cien partidas y determine el porcentaje de partidas ganadas por cada jugador.
- Sí el jugador que ganó menos partidas mejora en un punto sus lanzamientos, a excepción de cuando obtenga diez puntos, ¿podría tener un porcentaje de partidas ganadas superior al otro jugador? Realice cien nuevas partidas para probar esta afirmación.

Producto esperado

Los grupos deben entregar un informe en el que coloquen las respuestas y la justificación para cada numeral del desarrollo adjuntando las hojas de cálculo utilizadas.

Requerimientos técnicos para los inscritos

- Es importante que los estudiantes tengan los libros guía disponibles para consultar en el aula evitando el uso de fuentes que puedan tener errores.
- Los estudiantes deben tener un manejo básico de Excel y conocer la manera de hacer gráficos y cálculos simples.
- Los estudiantes deben conocer conceptos básicos de probabilidad y estadística.
- Los documentos presentados como contribución deben entregarse en el formato indicado con fuente Arial tamaño 12.
- Recuerde que debe durar 120 minutos y el docente estará dispuesto a responder preguntas que tengan los estudiantes en el desarrollo de la práctica.

Conclusiones

La práctica de generación de números aleatorios con simulaciones de Monte Carlo con lanzamientos simulados permite aprender el proceso de simulación desde la adquisición de datos hasta la generación de eventos aleatorios discretos. En esta experiencia, el estudiante debe aprender y aplicar el proceso técnico de toma de datos, generación de distribuciones de densidad y probabilidad acumulada, transformada inversa y generación de observaciones aleatorias simuladas. Finalmente, la comparación entre resultados de partidas simuladas y la mejora experimental de uno de los jugadores muestran el potencial de las simulaciones en tiempo discreto para la toma de decisiones en escenarios simulados.

Referencias

- Banks, J., Carson, J., Nelson, B. y Nicol, F. (2005). *Discrete Event System Simulation* (4ª ed.). Prentice Hall.
- Kelton, W., Sadowski, R. y Sturrock, D. (2004). *Simulation with ARENA* (3ª ed.). McGraw-Hill.
- Law, A. (2014). *Simulation Modeling and Analysis* (5ª ed.). McGraw-Hill.

Capítulo 3

El juego de las gomitas

The gummies game

Jairo Enrique Parra Herrera
Correo electrónico: jeparrah@poligran.edu.co
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Resumen

El análisis del contexto de operación logística que se pueda dar en los espacios de clase busca generar una aproximación real al escenario futuro que encontrarán los estudiantes de Ingeniería Industrial en el sector real. Esta práctica de clase busca poner en el rol de un actor de cadena de suministro a los estudiantes, en función de las decisiones que tomen de manera individual, así como la estrategia que se defina por parte del equipo para garantizar que los *Key Performance Indicators* (KPI) definidos se ajusten a los estándares establecidos. Los integrantes de cada equipo juegan un rol establecido en la cadena de suministro, con sus propias reglas; en función de ello, se planifica la estrategia de operación que debe considerar los términos de operación. Los estudiantes tienen la opción de ajustar su estrategia de acuerdo con las indicaciones del coordinador del ejercicio, llevando consigo un reporte sobre los inventarios, sus pedidos pendientes por entregar, sus compromisos con sus clientes directos, etcétera. Con este ejercicio se espera que los estudiantes comprendan las opciones de incertidumbre en la operación logística, el impacto de los inventarios en los costos de la organización, la penalización por faltantes, entre otros elementos relevantes para el análisis de un proceso logístico.

Palabra clave: cadena de suministro, juego y estrategia, KPI, operación logística.

Abstract

The analysis of the logistics operations context that can take place in the classroom aims to generate a real approximation of the future scenario that Industrial Engineering students will encounter in the real sector. This classroom exercise aims to put students in the role of a supply chain actor, where, depending on the decisions they make individually as well as the strategy defined by the team, they must ensure that the defined KPI's meet the established standards. The members of each team assume an established role in the supply chain, with their own rules, and on this basis the operational strategy is planned, which must consider the conditions of operation. The students have the opportunity to adapt their strategy according to the instructions of the exercise coordinator, taking with them a report on stocks, their pending losses to be delivered, their commitments with their direct customers, etc. With this exercise, the students are expected to understand the options of uncertainty in the logistics operation, the impact of stocks on the organisation's costs, the penalty for shortages, among other relevant elements for the analysis of a logistics process.

Keywords: supply chain, gaming and strategy, KPI, logistics operation.

Introducción

Logística es un eje central dentro del proceso de formación de la ingeniería industrial. Esta disciplina aborda diferentes componentes de la optimización de procesos, la gestión eficiente de recursos o la toma de decisiones de alto impacto a nivel empresarial. Este tipo de acciones se definen en logística como los procesos de planeación, control, ejecución y análisis del flujo de bienes, servicios, dinero e información, articulando a todos los actores de la cadena de suministro que se pueden evaluar desde el origen de la materia prima hasta el consumidor final, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes con el menor costo posible.

El rol que desempeña un ingeniero industrial involucrado en procesos logísticos se centra en tomar decisiones estratégicas y tácticas relacionadas con el transporte, el almacenamiento, el inventario y la distribución de los productos. Este tipo de procesos se ven afectados por factores de incertidumbre, generados por diferentes variables que alteran las

condiciones iniciales bajo las cuales se define la planeación de operaciones. Entre los factores más comunes que producen variabilidad en las empresas se encuentra el comportamiento de la demanda, los retrasos en la producción, las afectaciones en el transporte, la variación de las tasas de cambio, la disponibilidad de recursos, entre otros. La capacidad de gestionar eficazmente la incertidumbre se convierte en un factor crítico para garantizar la eficiencia y la rentabilidad en la cadena de suministro.

Aquí es donde la dinámica del juego de las gomitas adapta el principio del juego de la cerveza propuesto por el MIT en la década de 1960 para la enseñanza del funcionamiento de una cadena de suministro, el efecto látigo o la variabilidad. Esta dinámica generará fluctuación en la demanda que se genera para los actores que interactúan con el cliente final, lo cual presenta un escenario en el cual los estudiantes deben analizar cada jugada con la premisa de que en la demanda fluctuará y, con ello, es necesario definir cómo minimizar los costos de la operación. Los costos, el *leadtime* y los faltantes al momento de atender la demanda, sumado a la incertidumbre de los periodos futuros de ejecución alteran el comportamiento de la cadena y pone a prueba la estrategia de operación logística.

Este laboratorio se basa en el aprendizaje experiencial, en el cual se busca que los roles que asumen los participantes les permitan aprender diferentes elementos conceptuales en la operación de una cadena de suministro, teniendo en cuenta las reflexiones que se toman sobre las acciones que desarrollan cada actor. Para entender la dinámica de los actores y sus diferentes roles es necesario que los participantes identifiquen los canales de comunicación que van a tener, en los que, de acuerdo con la información incompleta y fluctuante, los actores experimentaran condiciones la incertidumbre en la gestión de la cadena de suministro para la cual deberán tomar decisiones.

Objetivos de aprendizaje

- Identificar las medidas de desempeño presentes en una operación de cadena de suministro, así como las acciones que permitan favorecer la reducción del costo de la operación logística.
- Analizar las condiciones de incertidumbre que se presentan en una cadena de suministro.
- Diseñar estrategias que respondan a las condiciones de incertidumbre descritas en el ejercicio procurando obtener el mejor indicador de nivel de servicio y menor función de costo.

Desarrollo

El propósito es brindarles a los participantes una visión general de la didáctica propuesta en la que se propende a fomentar el aprendizaje experiencial y el relacionamiento de conocimientos teóricos en un contexto práctico. La validación de competencias para resolver problemas la comunicación efectiva y el trabajo en equipo son elementos clave para la ejecución del reto. Los estudiantes serán guiados por un tutor o profesor, quien dará las instrucciones y orientará el desarrollo de las actividades en cada uno de sus momentos. A continuación, se describen los componentes necesarios para el desarrollo del taller, dividiendo los diferentes componentes en reglas, roles y etapas, que dan dinámica al desarrollo del taller.

Reglas

El juego se centra en la definición de cuatro roles (fabrica, distribuidor, mayoristas y minorista), uno para cada uno de los integrantes del equipo, en los cuales el propósito es que cada estudiante se familiarice con las funciones y las condiciones de su respectivo rol. El cliente final es el rol que representa el tutor o profesor quien guiará el desarrollo de la actividad y marcará el desarrollo de cada uno de los momentos. Las reglas se describen a continuación:

- Se define como comprador al actor de la cadena de suministro que genera una orden de pedido a su proveedor directo.
- Se define como vendedor al actor de la cadena de suministro que entrega una orden de pedido a su cliente directo de acuerdo con su requerimiento.
- El comprador: los pedidos se hacen en un periodo t y recibirán la entrega del producto en el periodo $t + i$.
- Los vendedores reciben la orden de pedido en el periodo t y deben esperar j periodos para poder despachar la orden de pedido.
- Las órdenes incompletas no serán recibidas por parte del cliente final.
- Los eslabones pueden decidir entregar órdenes más grandes a sus clientes, pero eso representa una penalización para la persona que entrega más mercancía.
- Los eslabones que no puedan cumplir con las entregas deben, en la siguiente ocasión de entrega, cubrir los faltantes; es necesario considerar que hay penalización por faltantes.
- Cada elemento de transacción tiene un valor de cambio de acuerdo con las reglas establecidas por el coordinador.

Tabla 1. Descripción unidad de cambio

Color/escala de puntuación	1	5	10	20
Escenario 1	Color 1	Color 2	Color 3	Color 4
Escenario 2	Color 1	Color 2	Color 3	N/A

- Los costos asociados a la operación se definen por roles.
- Se usará como elemento para la solicitud de pedidos papeles de impresos con la siguiente estructura.

Tabla 2. Formato solicitud pedido cliente proveedor

Nombre del grupo		Número	
Solicitante		Periodo	
Unidades			
Descripción			

- Los pedidos de los roles se deben desarrollar al inicio de cada jugada, el cliente final es el último que debe pedir, después de esto ningún eslabón puede pedir o modificar su requerimiento.

Nota: cada equipo debe aportar un paquete de dulces (gomitas) de común acuerdo de cien unidades en empaque cerrado.

Roles

Los roles de los actores de la cadena de suministro descritos en este apartado buscan orientar a los participantes para poder entender las características del rol que van a desempeñar, sus acciones, limitaciones e interacciones que pueden tener con los otros miembros del equipo. Asimismo, para cada uno de los roles se definen los periodos en los cuales interactúan con sus proveedores o clientes, los tiempos de entrega de producto, su capacidad de almacenamiento, costos de operación y penalizaciones por incumplimiento.

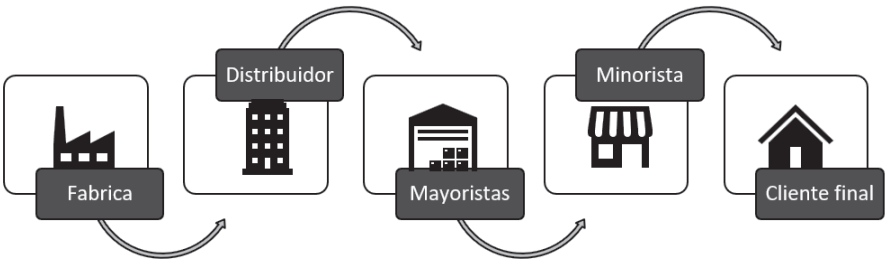


Figura 1. Estructura lógica de los roles de la cadena de suministro

Fábrica:

- Empieza con un inventario inicial.
- En cada ocasión puede producir hasta cien gomitas y debe pagar un costo fijo de quinientos.
- Debe esperar, al menos, un periodo de descanso para volver a producir.
- Las piezas estarán disponibles para entrega un periodo después de que inicie la fabricación.
- Si no produce durante tres periodos, debe hacer un mantenimiento antes de empezar a producir que costará cuatrocientos.
- Cada tres rondas de producción deben pagar un mantenimiento de máquinas que vale doscientos.
- El costo de inventario es de \$ 4.

Distribuidor:

- Empieza con un inventario inicial.
- Cada vez que se quede sin inventario y queden faltantes por entregar (Backorder) paga \$ 50 y debe entregar el producto en el siguiente periodo.
- Debe esperar para hacer los pedidos en los periodos pares.
- El costo de almacenamiento es de \$ 10 y puede almacenar hasta 400.

Mayoristas:

- Comienza con un inventario inicial de...
- Cada vez que se quede sin inventario y queden faltantes por entregar (*backorder*) paga \$ 80, y debe entregar el producto en el siguiente periodo.
- Debe esperar para hacer los pedidos en los periodos impares.
- El costo de almacenamiento es de \$ 20 y puede almacenar hasta 200.

Minorista:

- Comienza con un inventario inicial de...
- Debe tener el pedido completo o si no por cada faltante debe pagar penalización de \$ 300.

- Si entrega productos adicionales, estos no serán pagados.
- Debe esperar tres periodos para hacer los pedidos.
- El costo de almacenamiento es de \$ 40 y puede almacenar hasta 100.

Etapas

A continuación, se describe el desarrollo propuesto para cada uno de los momentos de ejecución de la actividad. Para cada uno de ellos se definen las condiciones por tener en cuenta, actividades por desarrollar y los elementos importantes que se deben considerar por parte de los estudiantes y el tutor.

Fase inicial:

- Se organizan los equipos de trabajo, se asignan en mesas para que discutan y planeen su estrategia de trabajo después de socializadas las características de cada rol y con la premisa de que el grupo con el menor costo de operación para la cadena de suministro gana.
- Se da la indicación de que cada jugador debe organizar su inventario con máximo diez unidades, esto sin explicar las convenciones de cambio para los productos.
- Pasados 15 minutos, se distribuyen los jugadores en mesas de acuerdo con su rol. En cada mesa debe haber un representante por equipo al cual se le asigna un rol en específico.
- Se dan indicaciones de que organicen su espacio de trabajo y se repiten las reglas de juego.
- Se describe el valor real que tomara cada unidad de cambio de acuerdo con la convención de colores.

Jugada cero:

- Se simula un proceso de juego para que los estudiantes tengan claridad sobre los valores de cambio de los productos y la dinámica de entrega con sus respectivos clientes.
- Se ejemplifica la generación de un pedido.
- Se explica cómo diligenciar el formato de seguimiento y control de inventarios.

Jugada 1:

- La fábrica determina si opera o no.
- Se realiza la formulación del pedido.
- Se pide un valor entre 6 y 9 unidades por parte del cliente final a los minoristas.
- Se recibe por parte del cliente final el requerimiento hecho a los minoristas.

Jugadas 2 a la 7:

- La fábrica determina si opera o no.
- Se realiza la formulación del pedido entre los diferentes roles de acuerdo con sus condiciones de pedido.
- Se pide un valor de 20 unidades por parte del cliente final a los minoristas.
- Se recibe por parte del cliente final el requerimiento hecho a los minoristas.

Jugadas 8 a la 12:

- La fábrica determina si opera o no.
- Se realiza la formulación del pedido entre los diferentes roles de acuerdo con sus condiciones de pedido.
- Se pide un valor de treinta unidades por parte del cliente final a los minoristas.
- Se recibe por parte del cliente final el requerimiento hecho a los minoristas.

Jugadas 13 a la 15:

- La fábrica determina si opera o no.
- Se realiza la formulación del pedido entre los diferentes roles de acuerdo con sus condiciones de pedido.
- Se pide un valor de 35 unidades por parte del cliente final a los minoristas.
- Se recibe por parte del cliente final el requerimiento hecho a los minoristas.

Cierre del juego:

- Se hace un arqueo sobre el formato de seguimiento y control de inventarios.
- Se recolectan los papelitos de pedido.
- Se diligencia formato de consolidación de costo.

Producto esperado

Informe de máximo cuatro páginas en las que se describen los siguientes elementos:

- Dinámica del juego.
- Estrategia planteada por el equipo de trabajo.
- Comportamiento de los costos y los inventarios de cada rol, y la cadena completa.
- Análisis de los resultados.
- Estrategia para abordar las condiciones del ejercicio.

Criterios de evaluación

Tabla 3

Criterio	Descripción
Costo general del ejercicio (20 puntos)	De acuerdo con los resultados el ejercicio, el equipo ganador obtendrá la puntuación máxima y se estimará la puntuación de los otros equipos en proporción a la diferencia con el costo obtenido por el equipo ganador.
Descripción, análisis e interpretación de las condiciones de juego (15 puntos)	De acuerdo con el informe entregado por parte de los estudiantes se valorará la descripción, el análisis y la interpretación de las condiciones de juego. Se recomienda tener en cuenta que, para la construcción de estos apartados se deben utilizar recursos bibliográficos de fuentes académicas.

Criterio	Descripción
Estrategia propuesta para las condiciones del ejercicio (10 puntos)	La definición de la estrategia debe considerar los diferentes conceptos clave abordados en el ejercicio, el análisis de la demanda y el comportamiento de los costos de acuerdo con el flujo de materiales que se desarrolló durante el ejercicio. La propuesta se evaluará de acuerdo con las condiciones económicas y operacionales definidas por cada uno de los equipos.
Conclusiones del ejercicio (5 puntos)	Los resultados obtenidos deben ser analizados teniendo en cuenta los objetivos de la práctica y los aprendizajes del ejercicio.

Requerimientos técnicos para los inscritos

- Un televisor o pantalla que permita hacer el seguimiento sobre la jugada y las acciones posibles para los diferentes roles.
- Plantilla de seguimiento y control (anexo 1).
- Sesenta papelitos formato 5x5 con la plantilla de pedido entre roles.
- Dulces.
- Un computador por equipo.
- Dinámica de 2 horas 30 minutos.

Conclusiones

Realizada la práctica, el estudiante podrá entender la dinámica de oferta y demanda presentada en una cadena de suministro, las implicaciones de inventarios, los costos de mantener o de faltante y los riesgos de no planear una operación logística, según el comportamiento de la demanda. De igual forma, el estudiante comprenderá como poder definir una estrategia que vincule las capacidades de los actores que están en su cadena de suministro, dado los requerimientos que se proponen por parte del cliente y las reglas dispuestas para la actividad.

Referencias

- Cai, J., Liu, X., Xiao, Z. y Liu, J. (2009). Improving supply chain performance management: A systematic approach to analyzing iterative KPI accomplishment. *Decision Support Systems*, 46(2), 512–521. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2008.09.004>
- D’Atri, A., Spagnoletti, P., Banzato, A., Bonelli, C., D’Atri, E., Traversi, V. y Zenobi, P. (2009). From supply chains to supply networks: The Beer Game Evolution. *IFAC Proceedings Volumes*, 42(4), 1316-1321. <https://doi.org/10.3182/20090603-3-ru-2001.0561>
- Hernández-Betancur, J. E., Montoya-Restrepo, I. y Montoya-Restrepo, L. A. (2018). Strategic decision-moment: Beer Game comparison between two Colombian universities. *The International Journal of Management Education*, 16(3), 504-514. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2018.10.001>
- Tadayonrad, Y. y Ndiaye, A. B. (2023). A new key performance indicator model for demand forecasting in inventory management considering supply chain reliability and seasonality. *Supply Chain Analytics*, 3, 100026. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2023.100026>
- Van Ackere, A., Larsen, E. R. y Morecroft, J. D. W. (1993). Systems thinking and business process redesign: An application to the beer game. *European Management Journal*, 11(4), 412-423. [https://doi.org/10.1016/0263-2373\(93\)90005-3](https://doi.org/10.1016/0263-2373(93)90005-3)

Capítulo 4

Ingeniería de métodos con LEGO

Methods Engineering with LEGO

Alix Johana Gaffaro García
Correo electrónico: agaffaro@poligran.edu.co
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Resumen

El objetivo de este taller es demostrar cómo, a través de una actividad lúdica con LEGO, los equipos de estudiantes pueden desarrollar dinámicas de trabajo colaborativo, proponer sistemas productivos, medir tiempos y movimientos y elaborar un informe ejecutivo. La metodología de este proyecto de aula se basa en un enfoque descriptivo, utilizando un diseño documental complementado con trabajo de campo para fundamentar teóricamente la propuesta. Esta combinación permite observar y analizar los procesos de elaboración de productos, facilitando la planificación y el diseño de actividades y procedimientos. Al finalizar, los participantes generarán conclusiones basadas en sus experiencias prácticas. En conclusión, la propuesta de utilizar LEGO en la educación en ingeniería se presenta como una metodología de aprendizaje activo que busca motivar y fomentar el desarrollo de habilidades técnicas y colaborativas de manera atractiva y efectiva.

Palabras clave: aprendizajes significativos, educación STEM, ingeniería de métodos, LEGO.

Abstract

The objective of this workshop is to demonstrate how, through a playful activity with LEGO, student teams can develop collaborative work dynamics, propose productive systems, measure times and movements, and prepare an executive

report. The methodology of this classroom project is based on a descriptive approach, using a documentary design complemented with field work to theoretically support the proposal. This combination allows for the observation and analysis of product development processes, facilitating the planning and design of activities and procedures. At the end, participants will generate conclusions based on their practical experiences. In conclusion, the proposal to use LEGO in engineering education is presented as an active learning methodology that seeks to motivate and encourage the development of technical and collaborative skills in an attractive and effective way.

Key words: Meaningful learning, methods engineering, STEM education, LEGO.

Introducción

En el campo de la ingeniería, la capacidad de analizar y mejorar procesos es esencial para incrementar la eficiencia y la productividad en cualquier entorno profesional. Este taller ha sido diseñado para proporcionarles a los estudiantes de ingeniería una experiencia práctica y sistemática en la aplicación de conceptos clave del estudio del trabajo, gestión de calidad y productividad, así como en el fomento del trabajo en equipo.

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), el estudio del trabajo se centra en analizar y mejorar las tareas y las operaciones dentro de una organización para optimizar el uso de recursos y aumentar la productividad (OIT, 1992). Por su parte, Niebel (2009) refuerza esta idea, al señalar que el registro y el análisis sistemático de tiempos y movimientos es crucial para identificar ineficiencias y proponer mejoras en los procesos productivos. Los ingenieros, enfrentados constantemente a desafíos que requieren soluciones innovadoras, encuentran en estas metodologías las herramientas necesarias no solo para mejorar procesos existentes, sino también para diseñar nuevos sistemas productivos eficientes (Serje Gutiérrez, V., Prieto Patiño, L. E. y Riveros Munévar, F., 2021).

Además, en un entorno cada vez más colaborativo y multidisciplinario, las habilidades de trabajo en equipo se han convertido en una competencia imprescindible. La metodología propuesta en este taller promueve el aprendizaje activo, la colaboración y la resolución de problemas (Gómez Giraldo y López Rivera, 2018), lo que les permite a los estudiantes simular el proceso de ensamblaje de un carro aplicando los conocimientos adquiridos en una situación práctica (Hernández-Reinoza, et al., 2021). De este modo, se ofrece una oportunidad para desarrollar habilidades esenciales en un contexto controlado y realista.

Objetivos de aprendizaje

- Aplicación de metodologías del estudio del trabajo: usar los conceptos de la metodología del estudio del trabajo a partir de una experiencia sistemática de las operaciones y las actividades de los trabajadores, para aplicarlos en el registro de información de tiempos y movimientos, así como de cálculos de tiempo estándar de los procesos a fin de mejorar la productividad.
- Gestión de calidad y productividad: aplicar herramientas básicas de la gestión de la calidad y la productividad, para identificar las problemáticas que tienen impacto sobre la organización y sus causas, con el fin de proponer mejoras que eliminen o mitiguen estas.
- Fomento del trabajo en equipo: promover la colaboración y el trabajo en equipo para que los participantes desarrollen habilidades en diseño, construcción y simulación de sistemas productivos.

Desarrollo

Para iniciar este proceso se forman grupos de trabajo de cinco personas, quienes asignarán un nombre para ser identificado como una empresa, se dividen los roles dentro de los estudiantes, para tener un aprendizaje significativo (Gaete-Quezada, 2011):

- Un supervisor (comunicaciones).
- Un secretario (documentador).
- Tres operarios.

A cada grupo se le asigna un paquete de trabajo el cual consta de las piezas LEGO (figura 1), en la cual faltará una pieza (diferente para cada equipo) y las instrucciones de armado, con la finalidad que planifiquen, cuenten, organicen y encuentren la pieza faltante.

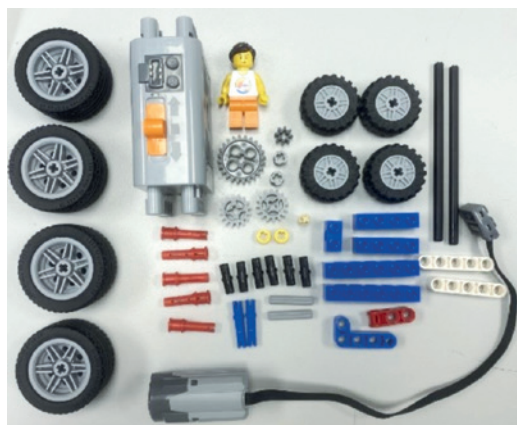


Figura 1. Total de piezas para armar carro

Fuente: elaboración propia.

Los equipos deberán iniciar el proceso de armado, definiendo tres estaciones de trabajo, las cuales son:

- Cabina: armar parte delantera del carro, como se evidencia en la figura 2.
- Remolque: armar parte trasera del carro, como se evidencia en la figura 3.
- Acabados: verificar armado y funcionamiento del carro, como se evidencia en la figura 4.



Figura 2. Cabina armada

Fuente: elaboración propia.

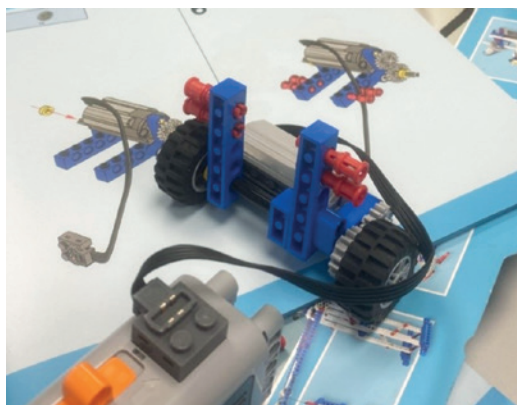


Figura 3. Remolque armado

Fuente: elaboración propia.

Mientras ocurre el proceso de armado, deben grabar, tomar tiempos, documentar los procesos que van realizando. El tiempo estimado de armado del carro es de diez minutos. La sesión finaliza con un espacio explicativo de refuerzo de conceptos de la teoría de ingeniería de métodos, en el que se responderán preguntas y se socializará lo aprendido en la actividad por parte de los participantes.

Producto esperado

El resultado del taller será el armado grupal y funcional de un carro (ver figura 4) siguiendo las instrucciones, además de la entrega de un informe de tiempos con puntos de mejora del proceso.



Figura 4. Carro armado

Fuente: elaboración propia.

El informe debe presentarse siguiendo las normas APA o IEEE, y debe contener los siguientes elementos:

- Portada, índice y resumen de los puntos trabajamos en el taller.
- Breve marco teórico referentes a estudio del trabajo, estudio de métodos y movimientos (máximo cinco párrafos).
- Descripción de la práctica (materiales y métodos).
- Desarrollo: elaborar un diagrama de flujo de procesos todas las operaciones en el armado del carrito, indicando lo siguiente:
 - Entradas (inputs): identificar los insumos de entrada para cada operación de armado del carrito.
 - Proceso: identificar el o los procesos que se le realizan en el armado del carrito. Aquí deben relacionarse las actividades de inspección y control que intervienen en cada operación.

- Salida (outputs): identificar el producto en proceso o producto final a la salida de cada parte del carrito.
- Construir un cursograma analítico indicando los tiempos y la distancia (si existe) en cada proceso.
- Discusión de los resultados.
- Conclusiones.

Requerimientos técnicos para los inscritos

El estudiante requiere tener conocimientos previos de productividad, estudio del trabajo y estudio de métodos y movimientos.

Conclusiones

La actividad les permite a los participantes comprender y aplicar los conceptos de la metodología del estudio del trabajo, especialmente, en el registro y el análisis de tiempos y movimientos. Los estudiantes podrán identificar oportunidades para mejorar la productividad mediante la estandarización y la optimización de los procesos involucrados en el armado del carro de LEGO.

La dinámica fomentará el trabajo en equipo y al culminar esta, se evidenciará la importancia de la colaboración. Los diferentes roles asignados dentro de cada grupo promueven la comunicación efectiva y la coordinación entre los participantes, resultando en un proceso de armado más eficiente. Este taller también puede facilitar la simulación de un ambiente productivo real, desarrollando habilidades cruciales para el diseño y la construcción de sistemas productivos.

Referencias

- Gaete-Quezada, R. A. (2011). El juego de roles como estrategia de evaluación de aprendizajes universitarios University Education. *Educación y Educadores*, 14(2), 289-307.
- Gómez Giraldo, L. F. y López Rivera, Y. M. (2018). Propuesta lúdica como herramienta de apoyo al proceso enseñanza —aprendizaje en el estudio del trabajo, enfocada a la estandarización de tiempos. *Ingenierías usbMed*, 9(2), 34–43. <https://doi.org/10.21500/20275846.3576>
- Hernández-Reinoza, H. J., Villota-Ibarra, C. y Jiménez-Builes, J. A. (2021). Metodología lúdica para la enseñanza de la ingeniería de requisitos basada en esquemas preconceptuales. *Revista EIA*, 18(35). <https://doi.org/10.24050/reia.v18i35.1394>
- Niebel, B y Freivalds, A. (2009). *Estudio de tiempos* (11ª ed.). McGraw-Hill.
- Serje Gutiérrez, V., Prieto Patiño, L. E. y Riveros Munévar, F. (2021). Actitudes hacia la ciencia y la investigación en miembros de instituciones de educación superior de Bogotá: diferencias por variables demográficas y de rol académico. *Educación y Educadores*, 24(3), 1-21. <https://doi.org/10.5294/edu.2021.24.3.1>
- Organización Internacional del Trabajo (1992). *Introducción al estudio del trabajo* (4ª ed.). OIT.

Capítulo 5

Construcción de instrumento para la metrología: calibrador de pie de rey

*Construction of an instrument for metrology:
Caliper Gauge*

Álvaro Enrique Hilarión Madariaga

Correo electrónico: ahilarion@poligran.edu.co

Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano



Resumen

Este taller permite realizar un laboratorio de metrología dimensional para determinar la calidad de fabricación de una línea de productos de manera remota; para esto, los estudiantes manufacturan un calibrador o vernier que después utilizan para realizar las respectivas medidas a un lote de productos y determinar la calidad de fabricación de la línea de producción.

Palabras clave: manufactura, calidad, metrología dimensional y nonio.

Abstract

This workshop allows the realization of a dimensional metrology laboratory to determine the manufacturing quality of a product line remotely. For this purpose, students manufacture a caliper or vernier that is then used to make the respective measurements to a batch of products and determine the manufacturing quality of the production line.

Keywords: Manufacturing, quality, dimensional metrology and nonio.

Introducción

La manufacturara es la capacidad de elaborar productos útiles para la sociedad; conocer estos procesos les ayuda a los ingenieros, en especial, a los ingenieros industriales para poder dar respuestas adecuadas a la especialidad, atendiendo los lineamientos de la norma (Norma ISO 286) y, así, generar juicios correctos en la industria manufacturera. Para poder lograr una adecuada calidad de los productos manufacturados, los ingenieros requieren conocer el manejo equipos de la metrología dimensional (Lucchesi, 1973).

Para hacer prácticas remotas, no tener el acceso a un equipo de metrología incapacitaría la actividad, es así como este taller permite la elaboración de un equipo calibrador o Vernier y hacer mediciones encaminadas a determinar la calidad de fabricación de un producto (Lucchesi, 1973).

Objetivos de aprendizaje

- Conocer el instrumento calibrador o Vernier.
- Manufactura de un instrumento de medición.
- Determinar el comportamiento estadístico un lote de productos terminados.

Desarrollo

Elaboración de un calibrador pie de rey o Vernier

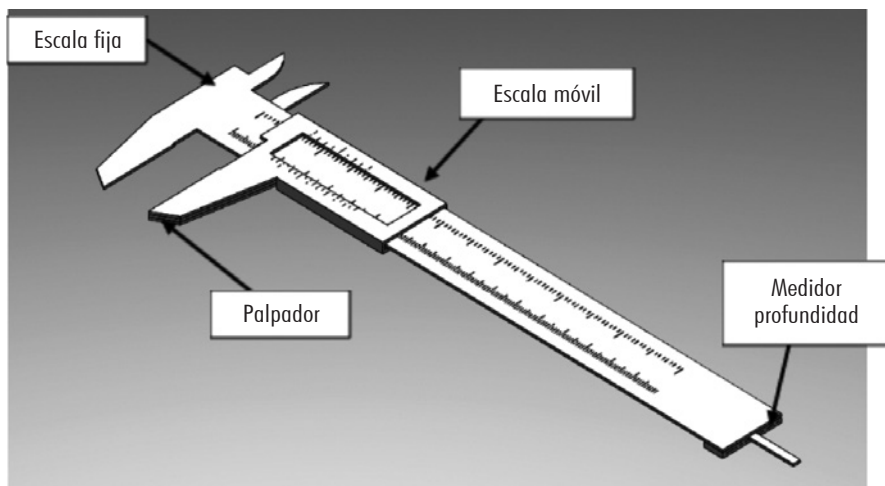


Figura 1. Calibrador pie de rey

Fuente: elaboración propia.

Según la figura 1, elabore un calibrador pie de rey o Vernier. Esto lo puede hacer dibujando a escala a mano con instrumentos o puede imprimir a escala 1:1.

Elaboración de calibrador en cartón

- Imprima o dibuje la figura 1. Después cortar los diagramas.
- Cortar los diagramas por los bordes de cada figura, tenga en cuenta cortar la parte interior de la escala móvil una ventana en rectángulo de 46 por 15 milímetros que permite desde la escala móvil dar la apreciación en la escala fija.



Figura 2. Construcción de cabeza del pie de rey

Fuente: elaboración propia.

- Doblar los diagramas dobles según las fotografías, la escala móvil del tamaño de la escala fija y doble la pieza de ajuste de la parte inferior de 47 milímetros.



Figura 3. Construcción cuerpo pie de rey

Fuente: elaboración propia.

- Ensamblar: coloque las piezas dobladas la escala móvil en la escala fija y en la parte inferior delgada ponga el soporte del medidor de profundidad.



Figura 4. Construcción de regla de medición pie de rey

Fuente: elaboración propia.

- Pegar el palpador de medición, la parte trasera ajustar la escala móvil, la parte interior del medidor de profundidad. Tenga cuidado de no pegar el centro.



Figura 5. Construcción de la parte trasera

Fuente: elaboración propia.

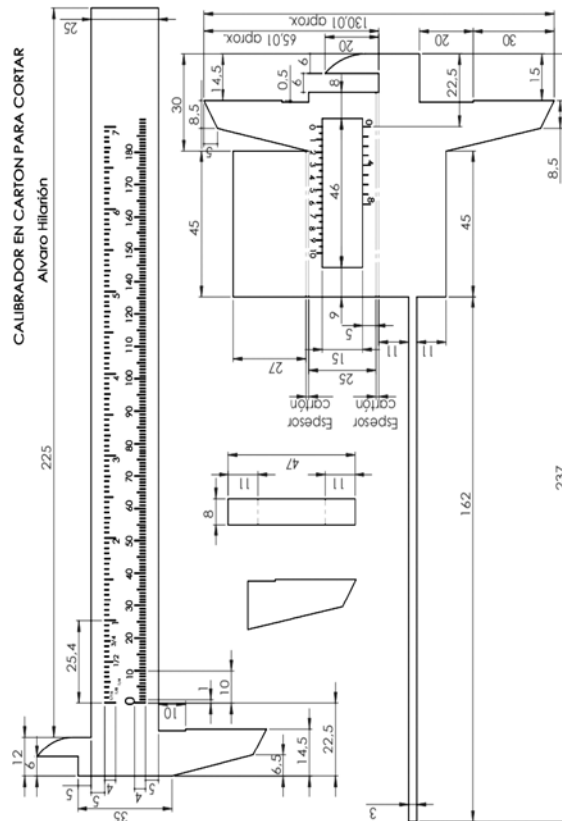


Figura 6. Calibrador de cartón para cortar

Fuente: elaboración propia.

- Haga la ficha técnica del calibrador del equipo construido. Determine el rango y la apreciación. Determinar el error que presenta el equipo construido (calibrador o Vernier), ya que puede tener errores en la elaboración o la impresión. Para determinar el error, mida en una escuadra 10 mm (el calibre patrón) el resultado de la medida. Si no se tiene la medida exacta, debe indicar cuánto hay que sumar o restar a la lectura de su calibrador cuando tome una medida.

Uso del calibrador

Puede realizar medidas según las fotografías de izquierda a derecha medidas exteriores, medidas interiores y profundidades. Para el uso de la escala del calibrador, se determina, primero mirando el cero de la escala móvil en los milímetros que registra. Después se verifica cuál es para determinar la fracción de milímetro; debe verificar en la escala móvil en el nonio donde se encuentran los números. Determine cuál número de la escala móvil forma una línea recta con cualquier línea de la escala fija, el valor del submúltiplo de milímetro.



Figura 7. Prueba de uso

Fuente: elaboración propia.

Práctica de control de producto

Para determinar la calidad de fabricación de un lote de piezas, consiga treinta unidades de productos de manufactura iguales (ejemplo: tornillos o ganchos o puntillas). Se debe determinar la calidad de fabricación del producto de las características dimensionales.

En la figura 8 se muestra un ejemplo de un tornillo y se presenta la tabla 1 registro de datos de comprobación. Para ello deberá determinar tres medidas por tomar, por ejemplo: "A" largo, "B" alto y "C" ancho.

Para el desarrollo debe tomar las medidas de los treinta productos (colocadas en la tabla 1) de cada columna, ubique la medida mayor y menor registradas y debe restarla. De este resultado, debe pasar a unidades en μm , para determinar el intervalo de tolerancia con las tablas de calidad de fabricación y así ubicar la calidad de fabricación. Debe determinar la cota nominal, esta resulta del promedio de la medida sacada y poner el entero más cercano, con la cota nominal, ubiquen las μm de la tabla si no aparece igual siempre tome el mayor para determinar el intervalo de tolerancia que corresponde a la calidad de fabricación de cada medida, esta actividad la puede hacer según la figura 9.

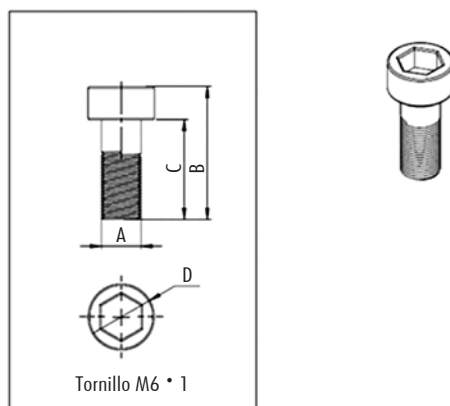


Figura 8. Ejemplo colocar tornillo para la tabla

Fuente: elaboración propia.

Tabla 1. Registro de datos de comprobación

Equipo	Calibrador	Calibrador	Calibrador
Ítem	Medida A	Medida B	Medida C
1			
2			
3			

Equipo	Calibrador	Calibrador	Calibrador
Ítem	Medida A	Medida B	Medida C
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
Nominal			
Medida superior			
Medida inferior			
Intervalo de tolerancia en μm			
Calidad de fabricación			

Grupos de diámetros (mm)	CALIDADES																	
	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16
d ≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3 < d ≤ 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6 < d ≤ 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10 < d ≤ 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18 < d ≤ 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30 < d ≤ 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50 < d ≤ 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80 < d ≤ 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120 < d ≤ 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180 < d ≤ 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250 < d ≤ 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315 < d ≤ 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400 < d ≤ 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000
	Ultraprecisión		Calibre y piezas de gran precisión			Piezas o elementos destinados a ajustar								Piezas o elementos que no han de ajustar				

Figura 9. Tabla de tolerancias

Fuente: <https://lim.ii.udc.es/docencia/iin-expgra/docs/Tolerancias.jpg>

Producto esperado

Con la realización de este taller, los estudiantes adquieren conocimientos de un equipo de metrología, aprenden su manejo para determinar la calidad de fabricación de un producto en su producción.

Requerimientos técnicos para los inscritos: para la realización de este taller los estudiantes deben tener conceptos de dibujo técnico

Conclusiones

Para todos los ingenieros es fundamental poseer conocimientos, en el área de la metrología y la instrumentación, este ejercicio permite realizar prácticas físicas con el equipo calibrador fabricado por los propios

estudiantes con mínimos recursos. Esta práctica permite que el estudiante tome múltiples medidas y afiance la lectura de un instrumento de metrología dimensional muy utilizado en la industria.

Referencias

Escamilla Esquivel, A. (2014). *Metrología y sus aplicaciones*. Grupo Editorial Patria.

Lucchesi, D. (1973). *Metrotecnica, tolerancias e instrumentación*. Labor.

Norma iso 286. Tolerancias dimensionales.

27 de mayo de 2023. Interpretación de tolerancias.

<https://lim.ii.udc.es/docencia/iin-expgra/docs/Tolerancias.jpg>

Capítulo 6

Proyecto de diseño de piezas en un sistema CAD para dibujo técnico

*Design project of parts in a CAD system
for technical drawing*

Gabriel Mauricio Yáñez Barreto
Correo electrónico: gyanezba@poligran.edu.co
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

Resumen

Esta es una práctica en la cual los estudiantes aplican los conocimientos desarrollados durante el curso de dibujo técnico en el que aprenden de proporciones, manejo de *software* CAD (SolidWorks) y presentación de proyectos de construcción de más de una pieza.

Palabras clave: CAD, dibujo técnico, norma, representaciones.

Abstract

This is a practice in which students apply the knowledge developed throughout the technical drawing course where they learn proportions, handling of CAD software (solid works) and presentation of construction projects of more than one piece.

Keywords: CAD, technical sketch.

Introducción

En el ambiente industrial cualquier profesional en la ingeniería debe conocer las concepciones normales del desarrollo de piezas y los niveles de producción de nuevos productos, además de tener la necesidad de conocer los procesos productivos de cada uno de los materiales que se van a usar. Se deben tener en cuenta los tipos de representaciones que se van a utilizar en cada uno de los casos para poder desarrollar los planos con el fin de que los operarios los entiendan de manera clara y concisa.

La construcción de los planos implica la aplicación de las normas internacionales de representación; estas son las que definen cómo se deben realizar las construcciones de las piezas y un buen entendimiento del resultado final de estas. Por lo tanto, la idea principal de la práctica del último proyecto de dibujo técnico como asignatura implica que los estudiantes puedan desarrollar piezas de la vida real y lleguen a un ensamblaje completo, que defina realmente cuál será el producto, finalizando este con una representación en planos técnicos, denotando las medidas de cada una de las piezas con los detalles específicos que se pueden manejar en estos casos.

Para el caso de los estudiantes se les solicita que seleccionen algo de la vida real, que ellos puedan desarrollar de una manera lógica y con un nivel de complejidad intermedio (mínimo 21 piezas, no cuenta por dos piezas repetidas ni tampoco cuenta pernos tornillos y demás nociones estandarizadas). El nivel de complejidad del ensamblaje va anclado a los que se ve en el contenido programático de la asignatura, en el cual se utiliza el sistema CAD (diseño asistido por computador) SolidWorks, el cual permite la construcción de piezas mecánicas en diferentes tipos de medidas (basándose en los sistemas de medidas como se toman en las diferentes normas). Además de contener la gran mayoría de normas que se manejan a nivel internacional y piezas predefinidas como tornillos, pernos, rodamientos, etcétera, “El software CAD Solidworks® es una aplicación de automatización de diseño mecánico que les permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con operaciones y cotas, y producir modelos y dibujos detallados” (Solidworks, s. f.).

El nivel de complejidad de lo que los estudiantes seleccionan se mantiene delimitado por tipo de geometrías sobre las cuales desean ellos trabajar. Deben ser geometrías básicas y no variables y complejas. Esto denotado por la cantidad de operaciones que se alcanzan a visualizar por cada una de las clases, controlando la construcción de piezas basadas en las operaciones que definen geometrías de complejidad media alta, pero no es la construcción por superficies u otras herramientas de nivel alto.

Tal como lo indica Giovany Suarez (2020):

[...] hay una condición inherente al ejercicio diario del ingeniero; muchas veces tendrá que dar soluciones a problemas que surgen súbitamente, en entornos donde no tendrá acceso inmediato a una computadora; ni siquiera tal vez a un escritorio o a una regla. Su capacidad de proyectar rápidamente un primer borrador de su solución, con sus dimensiones y lo materiales a emplear.

Dicho lo anterior se deberá contemplar que, para el desarrollo de las habilidades del ingeniero, las construcciones que no se encuentran permitidas, sobre el desarrollo de los estudiantes son:

- Bicicletas.
- Armas de fuego.
- Sistemas básicos de juegos de niños (juegos de encaje de figuras).

Esto para lograr mantener un nivel intermedio de desarrollo, ya que, en muchos casos, los estudiantes seleccionan objetos demasiado complejos que es evidente que no van a lograr desarrollar con base en el conocimiento que adquieren.

El caso más común que los estudiantes desean seleccionar dentro de los proyectos son LEGO, porque las piezas son fáciles de encontrar en internet y la idea es tener una posibilidad de probar varias cosas con ellos y que no puedan solamente descargar las piezas de internet (las cuales se encuentran en muchas páginas gratuitas de descarga de objetos 3D). Por lo tanto, cuando los estudiantes desean realizar la construcción de

algún ensamblaje de este estilo se les pide un aumento de piezas a mínimo cincuenta piezas, las cuales deben ser diferentes. La solicitud que las piezas sean diferentes es porque en el *software* se puede reutilizar cada una de las piezas las veces que se desee.

Lo anterior es para que persista la habilidad en la construcción del dibujo técnico. Por otra parte, cabe resaltar que muchos de los grandes inventos y desarrollo tecnológico y de patentes a lo largo de la historia han recurrido al paso de una buena ilustración o un brillante esbozo que permite tener ese dibujo. Asimismo, para el proceso de generación de patente, dentro de los elementos que componen la presentación está lo relacionado con figuras o ejemplos, aspectos que deben presentar el esbozo de forma clara y gráfica del invento.

Objetivos de aprendizaje

1. Seleccionar un objeto de la vida real, que tenga un mínimo de veintiún piezas, estas deben ser diferentes, con la finalidad de realizar la construcción de cada una de las piezas con medidas y proporciones.
2. Generar el ensamblaje completo, denotando la construcción de este y las condiciones geométricas necesarias para el desarrollo de producción de este.
3. Generar los planos técnicos de cada una de las piezas, para relacionar cada una de las medidas de las piezas y los detalles de estas.
4. Generar el plano explosionado del ensamble, el cual relaciona cada una de las piezas con la cantidad de estas en el objeto completo construido.

Desarrollo

El proyecto de dibujo técnico cuenta con las siguientes etapas:

Selección del objeto que se va a desarrollar

Para la selección del objeto que se va a desarrollar, cada uno de los grupos de los estudiantes debe tener en cuenta las condiciones de la geometría que se puede desarrollar, esta selección se avala por el docente, el cual está en la capacidad de juzgar según los contenidos programáticos, si los estudiantes están en la capacidad de poder desarrollar el trabajo. Todo esto contemplando las operaciones y la aplicación de estas que se han realizado en el transcurso del semestre.

Como contexto, los estudiantes alcanzan a realizar el estudio y la aplicación de toda la pestaña de operaciones del *software* CAD con el que cuenta la universidad. Esta pestaña es bastante completa en la generación de volumen y en el retirado de volumen; además, contiene varias aplicaciones propias de las normas, como son los asistentes de taladros, que permiten definir de manera correcta cuáles serán las medidas de las perforaciones, según las estandarizaciones de las normas con respecto a las brocas de perforación en los diferentes tipos de materiales.

Una vez seleccionado el objeto, los estudiantes deberán realizar una impresión de una imagen en la cual se presentará en una tabla y con señal de globos y flechas cuáles serán las piezas que van a realizar en la construcción.

Definición de cada uno de los entregables

Para esta etapa, ya con el impreso de los estudiantes, se define cada una de las piezas que se van a entregar, esto genera un archivo por pieza; además, genera un plano por cada una de las piezas. Pero esto no es lo único que entregará el grupo de estudiantes, sino que también va a generar el archivo del ensamblaje y, por último, generarán el archivo de

plano explosionado con el listado de materiales y piezas necesarios para la construcción del objeto.

Presentación de los avances

Cada uno de los grupos deben presentar avances de las construcciones que van realizando semana a semana, esto también genera en los estudiantes la aplicación de conceptos como la definición de proporciones, necesidades propias de la funcionalidad del objeto y características físicas necesarias denotadas por las necesidades de producción de cada uno de ellos.

Presentación final

Ya para este punto los estudiantes han logrado desarrollar todo el conjunto de solicitudes que se les realiza para el proyecto, por lo tanto, estos son capaces de realizar una sustentación en la que presentan las dificultades en la construcción de las piezas y también las nociones propias de la aplicación de las normas de representación técnicas.

Producto esperado

Para el producto esperado son varios archivos:

- Piezas independientes (la totalidad enunciada).
- Ensamblaje completo y funcional: se deben mantener las piezas unidas con las relaciones de posición geométricas.
- Planos técnicos: manejando las normas de representación y los tipos de acotaciones.
- Sustentación de la construcción del producto.

Requerimientos técnicos para los inscritos

Cada uno de los estudiantes deben tener los conceptos base de la norma, los cuales se denotan al realizar las primeras fases del curso, como las tipologías de representaciones en tres dimensiones (isometría, trimetría y dimetría); de igual forma, deben tener en cuenta las nociones principales para el desarrollo de planos técnicos, como los tipos de proyecciones (primer diedro y tercer diedro), contemplando las condiciones de cada una de las piezas, además de las necesidades propias de cada una de las piezas para la lectura de planos por personas ajenas a la construcción y el diseño de estas.

Deben descargar el *software* con el licenciamiento de la universidad, el cual les va a ayudar a practicar el uso de cada una de las operaciones de este, conociendo de manera más profunda la funcionalidad de cada una de ellas y denotando la posibilidad de realizar construcciones más complejas con herramientas sencillas, solo por el conocimiento de cada una de las secciones de las operaciones.

Manejar los documentos estandarizados como los presenta *solidworks*, basándose en las nociones propias de la norma, como los formatos y los recuadros de marcaciones y demás necesidades propias de las presentaciones. Por último, es necesario tener en cuenta las tipologías de la construcción y contemplar cuáles son las herramientas necesarias para cada una de las piezas.

Conclusiones

El proyecto propuesto para el diseño de piezas en un sistema CAD es una gran herramienta para el aprendizaje práctico de los estudiantes de ingeniería. A través de la selección de un objeto real, los estudiantes ponen en práctica sus conocimientos sobre las normas iso, las representaciones en 3D y la elaboración de planos técnicos.

La creación de modelos 3D y planos precisos se ve facilitada por el uso del *software* CAD como SolidWorks, lo que les permite a los estudiantes visualizar y comprender mejor las piezas que están diseñando.

La culminación del proyecto no solamente basta con el fortalecimiento de las habilidades fuertes, sino que también permite abordar habilidades poderosas como la comunicación al realizar una presentación final, el fomento al trabajo en equipo y la comunicación efectiva. Los estudiantes deben trabajar juntos para ensamblar las piezas, resolver problemas y presentar su proyecto de manera clara y concisa. Esta experiencia les permite desarrollar habilidades valiosas para su futuro profesional, como la colaboración, la resolución de problemas y la comunicación técnica.

Referencias

- Solidworks. (s.f.). Introducción a Solidworks. Consultado el 15 de marzo del 2024. https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf
- Suárez Pinilla, G. (2020). El dibujo técnico manual y su vigencia en el actual contexto tecnológico. *Revista Ingeniería, Matemáticas y Ciencias de La Información*, 7(13), 67-72. <https://doi.org/10.21017/rimci.2020.v7.n13.a76>

Conclusiones generales

A lo largo de este libro denominado *Simulación y prácticas en laboratorios: un enfoque para ingenieros industriales* se exploraron diferentes prácticas de laboratorio que abarcan desde la ergonomía y los factores humanos hasta la simulación, la cadena de suministro, el diseño asistido por computadora CAD, organización y métodos. Cada capítulo presentó unas actividades diseñadas por parte del autor que permiten fortalecer los conocimientos teóricos y desarrollar habilidades esenciales para un ingeniero industrial.

Al finalizar este interesante recorrido, especialmente, los estudiantes en ingeniería industrial habrán adquirido una sólida comprensión de cómo los principios de la ingeniería industrial se aplican en situaciones reales. Lo anterior les permitirá haber desarrollado habilidades clave como: el modelamiento matemático, modelado espacial y tridimensional, análisis de operaciones, análisis de las cadenas de suministro en logística y el análisis de procesos productivos y evaluación de las condiciones de puestos de trabajo ambiental.

Para el profesor o tutor interesado en aplicar estas estrategias didácticas, esta publicación le permitirá dinamizar las actividades académicas, generando entornos mucho más participativos y vinculando a todos los

estudiantes a realizar nuevas experiencias y aplicar los conocimientos teóricos en lúdicas prácticas.

En resumen, este libro ha proporcionado una base sólida para que los estudiantes se conviertan en ingenieros industriales competentes y capaces de contribuir al éxito de las organizaciones. Al aplicar los conocimientos y las habilidades adquiridos a lo largo de este curso, los estudiantes estarán bien preparados para enfrentar los retos del mundo laboral y marcar la diferencia en sus respectivas áreas y les permita el desarrollo de competencias técnicas, como es el análisis de sistemas, la toma de decisiones, el diseño y la optimización, así como las competencias poderosas, por ejemplo, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo.

Este libro se terminó de editar y publicar
en el mes de diciembre de 2024 por el
Politécnico Grancolombiano,
en la ciudad de Bogotá, D. C., Colombia



La escuela Opina, en cabeza de algunos de sus profesores, y motivada por su quehacer integral para potenciar el programa de ingeniería industria, ha generado la construcción de unas prácticas de laboratorios que serán aplicadas durante el proceso de formación del estudiante. Se espera que este libro de prácticas sea un insumo para el quehacer y el apoyo docente; asimismo, se busca contribuir al fortalecimiento del proceso de aprendizaje del estudiante. Para lo anterior se abordarán prácticas de diferentes áreas de la ingeniería industrial, que buscan poner en práctica conocimientos que abordan en asignaturas como, logística, simulación, dibujo técnico, procesos industriales, organización y métodos y salud, así como seguridad en el trabajo, todas áreas que se abordan en la ingeniería industrial.

Los métodos propuestos en el libro están enmarcados en el aprendizaje basado en problemas, aprendizaje por retos, aprendizaje basado en proyectos, casos, simuladores, entre otros. Estos métodos reconocen qué aprender, qué se ha aprendido y qué no, qué medios o recursos contribuyen al aprendizaje, cómo se puede involucrar al estudiante de modo que sea consciente de su propio proceso.