



ISSN: 2603-9982

Rangel-Arzola, J. E. y Ortiz-Buitrago, J. (2022). Modelización matemática, programación lineal y videos instruccionales en la formación de ingenieros. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 5(3), 40-59

MODELIZACIÓN MATEMÁTICA, PROGRAMACIÓN LINEAL Y VIDEOS EN LA FORMACIÓN DE INGENIEROS

José E. Rangel-Arzola, Universidad Central de Venezuela, Campus Cagua, Venezuela

José Ortiz-Buitrago, Universidad de Carabobo, Campus La Morita, Venezuela

Resumen

Este estudio se llevó a cabo, utilizando el paradigma de investigación basado en diseño, abordando desde las etapas de desarrollo e implementación, un experimento de enseñanza con actividades de modelización matemática, utilizando Programación Lineal. Los participantes fueron estudiantes del sexto semestre de la carrera de Ingeniería de Procesos Industriales de la Universidad Central de Venezuela. El experimento de enseñanza se realizó utilizando la modalidad a distancia y aprovechando las bondades del aprendizaje móvil, entre otros, durante un período de seis semanas, con el apoyo de videos de contenido teórico-práctico a fin de fomentar el aprendizaje cooperativo y significativo. Los resultados del estudio demostraron que, en condiciones de no presencialidad, los estudiantes desarrollaron competencias de modelización matemática en la resolución de problemas contextuales con sentido crítico en el manejo y gestión de recursos limitados y uso de tecnología.

Palabras clave: modelización, programación lineal, videos.

Mathematical modeling, linear programming and videos in the training of engineers

Abstract

This study was made under the research paradigm based on design, approaching from the development and implementation stages, a teaching experiment with mathematical modeling activities, using Linear Programming. The participants were students of the sixth semester of the Industrial Process Engineering career at the Central University of Venezuela. The teaching experiment was carried out using the distance modality and taking advantage of the benefits of mobile learning, among others, during a period of six weeks, with the support of videos with theoretical-practical content in order to promote cooperative and meaningful learning. The results of the study showed that in non-attendance conditions, students developed mathematical modeling skills in solving contextual problems with a critical sense in the handling and management of limited resources and use of technology.

Keywords: Mathematical Modeling, Linear Programming, Videos.

INTRODUCCIÓN

Actualmente los cambios que imperan a nivel mundial en materia sanitaria (Cucinotta & Vanelli, 2020), han influido considerablemente en la dinámica educativa, motivo por el cual estos factores han afectado de manera importante la presencialidad del desarrollo de las actividades cotidianas en las instituciones educativas de todos los niveles. En ese sentido, el ámbito universitario no escapa a esta situación, lo que ha obligado a generar cambios en los métodos de enseñanza que comúnmente se venían utilizando. Con base en lo anterior, y durante el desarrollo del semestre intensivo 2020 llevado a cabo por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela, en el Núcleo Cagua, donde hace vida la carrera de Ingeniería de Procesos Industriales, se tomó la iniciativa, de llevar a cabo este periodo bajo la modalidad a distancia, apoyado por el Campus Virtual Moodle de dicha Facultad, conjuntamente con otras plataformas tecnológicas (Zoom, Google Meet, Classroom, entre otros), a fin de mantener el proceso académico y tratar de acoplar sus necesidades pedagógicas y formativas al contexto actual. Agregando a lo anterior, el enfoque de Ingeniería de Procesos Industriales es el de la enseñanza-aprendizaje por competencias, el cual se sustenta en 5 (cinco) saberes esenciales: Conocimientos, Habilidades, Actitudes acordes con el entorno, Aspectos motivacionales y Capacidad personal y agrado de receptividad del medio, a su vez cada uno de los cursos que conforman el programa de la carrera pertenecen a uno de los 4 (cuatro) módulos conceptuales sobre el cual se encuentran fundamentados curricularmente. Los módulos se denominan de la manera siguiente: (a) Empresas y Negocios, (b) Aseguramiento de la calidad, (c) Productividad y logística en procesos industriales, y (d) Administración, evaluación y control de procesos de mantenimiento. Estos módulos a su vez contienen una serie de indicadores que permiten tomar como evidencia el desarrollo y la adquisición de competencias por parte del estudiante.

Uno de los cursos más importantes que conforman el currículo de Ingeniería de Procesos Industriales es el de Programación Lineal, el cual se dicta en el sexto semestre de la carrera y cuyo contenido principal es la construcción y el análisis de modelos matemáticos y, además, se encuentra fundamentado en los módulos (c) y (d). Sin embargo, a pesar de que la Programación Lineal sigue mostrando su utilidad en la formación de ingenieros, los estudiantes siguen presentando dificultades en la comprensión y construcción de esos modelos, tal como lo señalan Stevens & Palocsay (2004).

De esta manera y a pesar de la estructura curricular que Ingeniería de Procesos Industriales posee, surgió la necesidad y la inquietud de analizar la manera de proporcionar a los participantes, herramientas didácticas e instruccionales idóneas para fomentar el desarrollo de competencias en función del proceso de modelización matemática, fuera del aula de clases y en otros contextos ajenos a lo tradicional, debido a la no presencialidad de las actividades. Asimismo, surgen propuestas, a través de tareas y estrategias didácticas, para facilitar el acceso al conocimiento en situaciones adversas. Además, se destaca que, debido a la situación coyuntural, al momento de iniciar el semestre intensivo, no se contó con la capacitación docente necesaria para tratar la problemática de manera eficiente en relación con el abordaje del complejo proceso de enseñanza y aprendizaje, en el diseño de materiales instruccionales que permitieran proseguir con el enfoque por competencias de la carrera ni mucho menos su evaluación. Por lo que surgió la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo pueden desarrollar los estudiantes de ingeniería el proceso de modelización matemática con el apoyo de videos instruccionales para la resolución de problemas de Programación Lineal?

En este sentido, el propósito de la investigación es analizar el proceso de desarrollo de competencias de modelización matemática por parte de los estudiantes de ingeniería en

la resolución de problemas de Programación Lineal con el apoyo de videos instruccionales.

MARCO TEÓRICO

En la ingeniería, la utilización de modelos matemáticos reviste una importancia sensible que muchas veces se deja a un lado en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las instituciones educativas. La utilización de la modelización para la solución de problemas reales, en el aula de clases, no puede dejarse a un lado (Cruz, 2010), puesto que el ingeniero en el real campo de trabajo, muchas veces, hace uso del amplio compendio de herramientas matemáticas, que esta ciencia puede ofrecer, para la solución de problemas de diversa índole y naturaleza.

Aunado a lo anterior, un modelo matemático, posee una concepción epistemológica de tres características importantes para conocer. Hestenes (2013) establece la primera de ellas como la teórica, donde los modelos son considerados como unidades básicas de conocimiento estructurado, a partir de la cual se pueden realizar inferencias lógicas, predicciones, explicaciones, planes y diseños, es decir, son estructuras abstractas manipulables. La segunda es la empírica, la cual establece que los modelos pueden ser comparados con elementos del mundo físico o cosas físicas que se sitúan en contextos, también con procesos de diversa índole. La tercera es la cognitiva, donde los modelos son compaginados con la intuición física funcionando como entendimiento físico. Una vez definido el concepto de modelo matemático a partir de las tres perspectivas mencionadas, es conveniente, entonces, establecer al proceso de modelización, como una serie de etapas, donde se identifica y se comparan estos elementos físicos (mundo real) con estructuras matemáticas (abstractas), de tal manera que se pueda generar un conocimiento (estructura mental) para estudiar determinados fenómenos y emitir respuestas a diferentes interrogantes utilizando representaciones simbólicas (matemáticas) de dichas situaciones.

Con base en lo anterior, la competencia matemática para modelizar, no es más que la disposición perspicaz (percepción de detalles físicos en determinado contexto) e intuitiva (conocimiento, comprensión y percepción del contexto) para manejar todas las partes antes descritas y utilizarlas en una determinada situación (Jensen, 2007). En Programación Lineal, el proceso de modelización matemática se lleva a cabo cuando se analizan elementos que se encuentran en el mundo físico, que pueden ser susceptibles a modelarse utilizando este método. Los contextos suelen ser amplios y variados y el tipo de problema a analizar también. Sin embargo, muchos estudiantes encuentran dificultad para trasladar la descripción verbal de un problema en un modelo matemático válido (Kenney et al., 2019).

De modo que como lo definen Risa & Arreola (2003), entre los problemas que más suelen modelarse, destacan los siguientes: producción (de diversos artículos, bienes, servicios, etc), financieros (involucran la selección de medios para financiar proyectos en una empresa), mercadotecnia (distribución de un presupuesto fijo entre varios medios publicitarios), ventas (optimización de ventas o utilidades en una compañía), producción (establecimientos de programas de producción al menor costo o de utilidad máxima para varios productos en diferentes periodos de tiempo), mezcla (utilización de dos o más recursos para producir uno o más artículos), transporte (selección de las mejores rutas de distribución entre orígenes y destinos), asignación (establecimiento de personas con diferentes capacidades a diferentes trabajos), entre otros.

Por consiguiente, una vez que se estructura la situación real objeto de estudio a través de un conjunto de símbolos, diferenciados y clasificados, de acuerdo con Bazaraa, Jarvis, & Sherali (2010) se define en primer lugar un conjunto de variables de decisión, que deben determinarse y una función objetivo (función lineal) que se puede maximizar para aumentar ganancias o minimizar para disminuir gastos o costos; este proceso es lo que se conoce como la traducción del problema real al problema matemático (Thie & Keough, 2008). Agregando a lo anterior, la función objetivo estará sujeta a un conjunto de limitantes o restricciones, como lo expresa Vanderbei (2014), las cuales pueden ser igualdades o desigualdades asociadas a una combinación lineal entre las variables de decisión. De modo que, tanto la función objetivo como las restricciones, poseen significado propio dentro de las partes de la situación a estudiar y, en consecuencia, el problema se traspassa del mundo real al mundo matemático, siendo aquí donde se procede a analizarlo, resolverlo y hallar un resultado. Vale la pena resaltar que los supuestos de un modelo de programación lineal pueden no ser siempre realistas, pero es la primera aproximación para comprender un problema del mundo real (Hu & Kahng, 2016).

Por lo tanto, para la etapa de resolución, se utilizan diversos métodos algorítmicos y procedimentales, con la ayuda y apoyo también de software especializado, que simplifican este amplio proceso al permitir concentrarse en la fase de modelización propiamente dicha (Rangel, 2015). Por ende, los recursos empleados, van a permitir encontrar una solución denominada óptima (la mejor), para luego volver, al problema físico inicial y abordar un proceso de toma de decisiones donde se aportan respuestas al problema de estudio.

En esta perspectiva, es necesario considerar también que durante el proceso de modelización matemática, intervienen otros elementos que son identificables para ser estudiados a mayor detalle, específicamente en la rama de los saberes, donde actúan las competencias (Mendible & Ortiz, 2007), tales como conocimientos, habilidades y actitudes acordes con el entorno, aspectos motivacionales y la capacidad de adaptarse al medio (Universidad Central de Venezuela, 2005a, 2005b, 2005c, 2005d, 2005e), los cuales se interrelacionan con los aspectos antes mencionados, teórico, empírico y cognitivo.

Todo lo anterior se resume en la Figura 1, donde el futuro ingeniero, una vez situado en un contexto real (mundo real), identifica un problema que pueda modelarse con Programación Lineal, ya sea en algunos de los tipos mencionados en el párrafo anterior o no; luego se pasa a la etapa de traducción que es donde se matematizan los elementos de la realidad y compaginan con números, variables, letras, parámetros y coeficientes que representarán dicha situación de estudio, es decir, se comparan ambos espacios (característica empírica). Esta primera etapa involucra un estudio detallado del contexto a estudiar y se recolectan datos necesarios para ser analizados (Bazaraa, Jarvis, & Sherali, 2010). Además, intervienen competencias que se refieren a la creatividad y conocimientos técnicos (para realizar tareas), basándose en el reconocimiento de la estructura matemática de determinado problema, donde se clasifica la información disponible, se desarrollan diversas descripciones y representaciones, se formula el problema, siguiendo los pasos sugeridos por Stevens & Palocsay (2004).

En la siguiente etapa, una vez formulado y refinado el modelo, se procede a abordarlo ya sea matemáticamente, a través de procedimientos algorítmicos propios de la Programación Lineal, tales como el método gráfico, simplex, entre otros, con el propósito de encontrar una solución óptima o en otro caso, paquetes de Software destinados para tal fin (característica teórica); durante esta etapa se evidencia la intervención de competencias relacionadas con habilidades técnicas para realizar diversas tareas, entre las

que se encuentran la descripción de procesos, clasificación de varios tipos de información, secuencialidad de pasos para lograr resultados, descripción de los resultados logrados ya sean parciales o totales, entre otros.

Dentro de las competencias del saber hacer existen también elementos relacionados con habilidades sociales y cognitivas, el primer grupo se basa en la socialización del individuo con los demás en función del problema de interés y la segunda en el procesamiento de la información que se obtiene, cómo se analiza y posteriormente se toman decisiones. En la etapa anterior intervienen habilidades y destrezas, ya sean numéricas o tecnológicas, lo siguiente es que una vez obtenida y analizada la solución, esta se socializa para determinar una decisión, donde intervienen aspectos motivacionales propios de la competencia querer hacer, tales como el esfuerzo de visión futura en el logro de la calidad y ver si se satisfacen las necesidades del contexto.

Por último, y si la solución es la adecuada, se implementa, se vuelve a la realidad, se agregan cambios y mejoras, siguiendo las recomendaciones del proceso (característica cognitiva), conjuntamente con la interacción de competencias del poder hacer en lo relacionado con la capacidad personal y adecuación al grado de receptividad del medio; en donde se evidencian iniciativas en la participación en los cambios tecnológicos, conciencia de la problemática nacional en el campo del desarrollo industrial, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías, además de la generación de beneficios en el ámbito tecnológico y social. Todo lo antes mencionado se mantiene en un equilibrio de actitudes acordes con el medio, en donde se ponen en práctica elementos de ética en la ingeniería, responsabilidad profesional, conciencia ambiental, búsqueda de la verdad, calidad de vida y solución de problemas con pertinencia social.

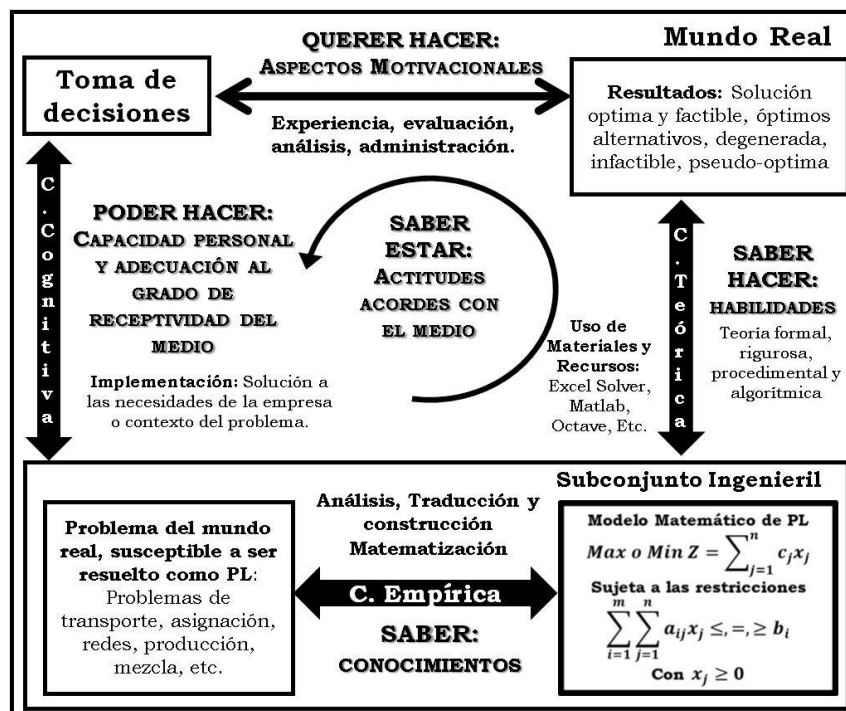


Figura 1. Proceso de modelaje matemático en Programación Lineal bajo un enfoque por Competencias (Fuente: Rangel, 2015).

MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación se llevó a cabo utilizando el paradigma de la investigación basada en diseño, la cual posee una naturaleza principalmente cualitativa teniendo por objetivo, tal como lo define Molina, Castro, Molina, & Castro (2011):

Analizar el aprendizaje en contexto mediante el diseño y estudio sistemático de formas particulares de aprendizaje, estrategias y herramientas de enseñanza, de una forma sensible a la naturaleza sistémica del aprendizaje, la enseñanza y la evaluación. Todo ello la convierte en un paradigma metodológico potente en la investigación del aprendizaje y la enseñanza (p. 76)

El tipo de estudio dentro del cual se enmarca esta investigación son los experimentos de enseñanza, los cuales forman parte de la investigación de diseño, y que tiene como propósito comprender y mejorar los procesos educativos, definiéndose como una secuencia de episodios de enseñanza, los cuales son temporalizados y contextualizados (Molina, Castro, Molina, & Castro, 2011) con el uso de material instruccional didáctico de forma situada es decir en los contextos de la vida real (Molina, Castro, & Castro, 2006) donde surgen situaciones que permiten acercar al estudiante a la matemática práctica, aplicada o utilitaria.

El experimento de enseñanza de esta investigación se desarrolló durante 3(tres) fases (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003) en el período del Semestre Intensivo 2020, del Núcleo Cagua de la Universidad Central de Venezuela:

Fase 1: Preparación del experimento

Se establecieron los objetivos tanto de la investigación como los instruccionales, se definió la temporalización, se diseñó el material didáctico a utilizar, tales como la grabación de videos instruccionales (Lbt426, 2019a, 2019b, 2019c, 2019d, 2019e, 2019f, 2019g, 2019h, 2019i, 2019j, 2020a, 2020b, 2020c, 2020d, 2020e, 2020f, 2020g, 2020h, 2020i, 2020j, 2020k, 2020l, 2020m, 2020n), por parte del docente, en donde se abordan teórica, práctica y tecnológicamente, todos los temas y sub-temas propios del curso de Programación Lineal, tales como la construcción y resolución de los modelos de Programación Lineal utilizando Excel Solver (Rangel, 2018), Análisis de Sensibilidad, Dualidad y Modelos de transporte, haciendo hincapié en las actividades relacionadas con la modelización matemática.

Es importante tomar en cuenta, que varios de los videos instruccionales utilizados, fueron grabados en el año 2019, y reposan en el canal “Programación Lineal paso a paso” (Rangel, s. f). Este material didáctico, en la actualidad, ha tenido gran cantidad de reproducciones así como una favorable receptividad por parte de los usuarios de distintos países de habla hispana, tal es el caso del video “Método Dual Simplex” (Lbt426, 2019), el cual ha sido reproducido veintiséis mil (26k) veces, con comentarios como: “Excelente video, muy bien explicado” (García, 2020), o “Gracias muy buen video, excelente explicación...” (Villera, 2020). Otro caso es el video “Ejemplo de cómo utilizar el análisis de sensibilidad en Excel Solver” (Lbt426, 2019), el cual ha sido reproducido veintitrés mil (23k) veces, con comentarios como: “Los 20 minutos mejores explicados, gran trabajo!” (Torres, 2021), o “Esto es lo que buscaba, sinceramente a mi profesor no le entendía muy bien sus interpretaciones, pero aquí me aclaraste la duda, gracias” (Killer, 2020), entre otros.

Como complemento, se parte de la idea de que en la actualidad el uso de videos instruccionales se ha incrementado por parte de los estudiantes (Soto & Liern, 2020) al fomentar el aprendizaje significativo, autónomo, colaborativo y constructivo, además de

su alto sentido utilitario y carácter asíncrono, en consecuencia, se genera un aprovechamiento de las bondades del Mobile Learning (aprendizaje móvil) al permitir el acceso a la información en cualquier lugar y en cualquier momento, de manera que el proceso de enseñanza y aprendizaje sea mucho más flexible fuera del salón de clases (Márquez, 2020). Los videos se grabaron utilizando la aplicación Libre Office Impress en el sistema operativo Linux Ubuntu, utilizando la aplicación Simple Screen Recorder de licencia libre. La técnica de producción utilizada fue la de voz en off (se grabó la voz sin que el investigador apareciera en cámara), plasmando todos los procedimientos en las diapositivas de forma secuenciada para luego proceder a grabar el escritorio de Ubuntu. En la Figura 2 se muestra una captura de pantalla para el video de modelado para la mezcla de producción.

Modelo de mezcla de producción

Solución:
Paso 3: Se define el conjunto de restricciones:

departamento	Índice de producción (unidades/hora)				Capacidad (Horas/mes)
	Producto 1	Producto 2	Producto 3	Producto 4	
cortado	25	6	20	10	400
troquelado	14	8	20	10	380
esmaltado	17	9	33	8	490
acabado	20	4	--	8	450
empacado	50	13	50	20	400

25 Unidades → 1 Hora

x_j unidades ← ?? Horas

$$\frac{x_j \text{ unidades} \cdot \text{Hora}}{25 \text{ Unidades}} = \frac{x_j}{25} \text{ Hora}$$

Restricciones de capacidad de producción:

$x_1/25 + x_2/6 + x_3/20 + x_4/10 \leq 400$ Cortado

$x_1/14 + x_2/8 + x_3/20 + x_4/10 \leq 380$ Troquelado

$x_1/17 + x_2/9 + x_3/33 + x_4/8 \leq 2000$ Esmaltado

$x_1/20 + x_2/4 + x_4/8 \leq 450$ Acabado

$x_1/50 + x_2/13 + x_3/50 + x_4/20 \leq 400$ Empacado

Figura 2. Captura de pantalla del video instruccional (Fuente: Datos del estudio, 2020).

En la Tabla 1 se muestra la temporalización del experimento, el cual se abordó durante 6 (seis) sesiones de una semana de duración, para un total de 6 (seis) semanas de desarrollo ya que se implementó a distancia y de manera virtual, utilizando recursos como la Plataforma Moodle de la Universidad Central de Venezuela, la plataforma de videos Youtube, mensajería de Correo Electrónico y mensajería de WhatsApp. En el mismo orden de ideas, se le suministró a cada participante, tanto vía Correo Electrónico como de Mensajería WhatsApp, una serie de guías de trabajo contentivas de una serie de instrucciones, los enlaces correspondientes tanto a los videos como a guías didácticas en formato PDF, y el conjunto de tareas y actividades para cada semana. Los talleres abiertos realizados, contaron con un máximo de participación de dos (02) estudiantes.

Tabla 1. Distribución de los contenidos por sesión

Sesión	Tema	Contenidos
1	Modelos de Programación Lineal	El proceso de modelado matemático en Programación Lineal, Obtención de los parámetros del modelo, a partir de problemas reales. Práctica: Taller abierto a distancia.

		<p>Recogida de datos:</p> <p>-Hojas de trabajo de los estudiantes.</p> <p>-Notas del Investigador-Docente.</p>
2	Resolución de modelos de Programación lineal	<p>Conjuntos convexos, Método gráfico, algebraico y simplex (Caso Maximización).</p> <hr/> <p>Práctica: Taller abierto a distancia.</p> <p>Recogida de datos:</p> <p>-Hojas de trabajo de los participantes.</p> <p>-Notas del Investigador-Docente.</p>
3	Resolución de modelos de Programación lineal Parte II	<p>Método simplex (caso minimización), Casos especiales del método simplex y problema dual.</p> <hr/> <p>Práctica: Taller abierto a distancia.</p> <p>Recogida de datos:</p> <p>-Hojas de trabajo de los participantes.</p> <p>-Notas del Investigador-Docente.</p>
4	Resolución de modelos de Programación lineal Parte III	<p>Método simplex dual, Interpretación económica de la dualidad, Resolución de modelos de Programación Lineal utilizando Excel Solver, Análisis de Sensibilidad utilizando Excel Solver.</p> <hr/> <p>Práctica: Taller abierto a distancia.</p> <p>Recogida de datos:</p> <p>-Hojas de trabajo de los participantes.</p> <p>-Notas del Investigador-Docente.</p>
5	Modelos de Transporte Parte I	<p>Construcción de los modelos de transporte, Métodos para la obtención de la Solución Básica inicial. Solución utilizando Excel Solver.</p> <hr/> <p>Práctica: Taller abierto a distancia.</p> <p>Recogida de datos:</p> <p>-Hojas de trabajo de los participantes.</p> <p>-Notas del Investigador-Docente.</p>
6	Modelos de Transporte Parte II	<p>Construcción de los modelos de transporte, Métodos para la obtención de la Solución Básica Factible inicial. Modelos de asignación, Solución utilizando Excel Solver.</p> <hr/> <p>Práctica: Video-Exposición.</p> <p>Recogida de datos:</p> <p>-Grabación de videos por parte de los participantes.</p>

- Hojas de trabajo de los participantes.
- Notas del Investigador-Docente.

En cuanto a los materiales y recursos empleados, el docente contó con dos computadores de sobremesa con los sistemas operativos Linux Ubuntu versión 18.04 (con conexión a internet Cantv ABA) y Windows versión 11, ambos fueron utilizados para la estructuración (elaboración de los guiones para los videos) y grabación de los videos instruccionales, así como también con dispositivos portátiles como un teléfono móvil y una Tablet modelo Canaima. Mientras que los participantes utilizaron teléfonos móviles con conexión a internet y computadores de sobre mesa individuales con el sistema operativo Windows 11. Por otra parte, cada actividad estuvo diseñada con el propósito de evidenciar en el participante la adquisición y potenciación de alguna de las competencias matemáticas en Programación Lineal (Figura 3), las cuales fueron elaboradas siguiendo la estructura por competencias del análisis funcional (OIT/CINTERFOR, 2021).

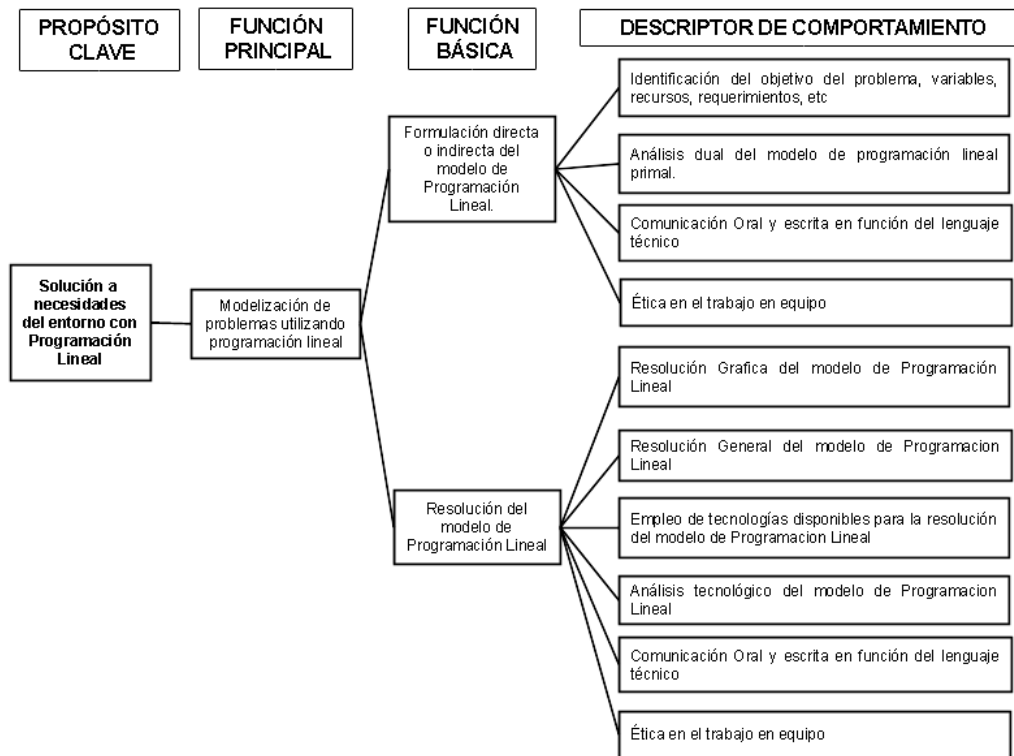


Figura 3. Competencias Matemáticas en Programación Lineal

La evaluación de las competencias se realizó utilizando el método SCID (desarrollo sistemático e instruccional de un Curriculum) (Irigoin & Vargas, 2002) a través de una escala de medición adaptada que señala niveles progresivos de dominio que van desde el ítem A hasta el F de la siguiente manera: A (Profesional), B (Desarrollándose), C (Estándar), D (Capacitándose), E (Entrante) y F (Ausente). La Tabla 2 contiene las competencias por saberes y sus descriptores de comportamiento.

Tabla 2. *Competencias y descriptores de comportamiento*

Competencias		Descriptor de comportamiento
Saber: Conocimientos		CPL1: Identificar el objetivo del problema, variables, recursos y requerimientos.
		CPL4: Interpretar el modelo de programación lineal en función de la dualidad:
Saber Habilidades	Hacer:	CPL2: Resolver Gráficamente el modelo de Programación Lineal.
		CPL3: Resolución General de modelos de Programación Lineal
		CPL5: Emplear recursos tecnológicos en la resolución de modelos de Programación Lineal.
Sabe Estar: Actitudes acordes con el entorno		CPL8: Practicar la ética en el trabajo en equipo.
Querer Aspectos Motivacionales	Hacer:	CPL6: Analizar tecnológicamente el modelo de programación lineal.
Poder Capacidad personal y adecuación al grado de receptividad del medio	Hacer:	CPL7: Emplear comunicación oral y escrita en función del lenguaje técnico.
Leyenda:		
CPL: Competencia de Programación Lineal		

La Tabla 3, contiene los descriptores de comportamiento, así como los elementos de competencia que lo conforman, estos últimos se encargan de describir con más detalle en qué consiste el descriptor de comportamiento asociado.

Tabla 3. *Descriptores de Comportamiento y Elementos de Competencia*

Descriptor de comportamiento	Elementos de Competencia
CPL1: Identificar el objetivo del problema, variables, recursos y requerimientos.	1) Matematiza los elementos de interés de una situación problema en el contexto social, industrial o laboral en un modelo abstracto de Programación Lineal. 2) Define el significado de la función objetivos, las variables de decisión y el conjunto de restricciones.
CPL2: Resolver Gráficamente el modelo de Programación Lineal.	1) Aplica el método gráfico para la resolución de modelos de programación lineal 2) Identifica el tipo de solución obtenida mediante el método gráfico.
CPL3: Resolución General de modelos de Programación Lineal	1) Aplica el Método Simplex para la resolución de modelos de Programación Lineal

	2) Identifica el tipo de solución obtenida con el Método Simplex
CPL4: Interpretar el modelo de programación lineal en función de la dualidad:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Construye el modelo de programación lineal dual a partir del modelo primal. 2) Interpreta el significado de las variables y restricciones duales en los términos del problema de asignación de recursos.
CPL5: Emplear recursos tecnológicos en la resolución de modelos de Programación Lineal.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Utiliza herramientas computacionales para resolver problemas de Programación Lineal. 2) Identifica errores y fallas en el uso de herramientas computacionales para la resolución de problemas de Programación Lineal.
CPL6: Analizar tecnológicamente el modelo de programación lineal.	1) Efectúa cambios en los parámetros del modelo de programación lineal en el proceso de toma de decisiones utilizando medios tecnológicos.
CPL7: Emplear comunicación oral y escrita en función del lenguaje técnico.	<ol style="list-style-type: none"> 1) Argumenta los cambios efectuados en el modelo de programación lineal en función del proceso de toma de decisiones. 2) Utiliza el lenguaje técnico y formal en función de las operaciones de la Programación Lineal.
CPL8: Practicar la ética en el trabajo en equipo.	1) Interactúa en el medio con elementos de responsabilidad y sensibilidad social, empatía, solidaridad, respeto y proacción en el sentido de la ética profesional.
Leyenda:	
CPL: Competencia de Programación Lineal	

Fase 2: Experimentación o desarrollo

En esta fase, se llevó a cabo la implementación y puesta en marcha del conjunto de tareas diseñadas en la fase anterior, durante la puesta en marcha de esta etapa y debido a que se llevó a cabo netamente bajo la modalidad a distancia y el apoyo del aprendizaje móvil, se mantuvo un canal de comunicación abierto con cada participante y de forma personalizada a través de mensajería WhatsApp, llamadas telefónicas y mensajes de texto, a fin de aclarar las diferentes dudas, consultas e inquietudes presentadas durante el proceso.

Fase 3: Análisis retrospectivo

Se analizaron las producciones de los participantes a través de documentos en formato PDF, Word, Excel y los archivos de las video-exposiciones. En el análisis se tuvo en cuenta si los estudiantes visualizaron los videos instruccionales proporcionados en los guiones de actividades semanales, la forma en que representaron y estructuraron los diversos modelos de Programación Lineal, el uso de la tecnología, el lenguaje técnico utilizado, atributos éticos y las competencias matemáticas evidenciadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el análisis de las producciones de los estudiantes del sexto semestre de ingeniería, se seleccionó la video-exposición elaborada por dos de los participantes (P1 y P2 respectivamente) de un total de seis (6) que integraban el curso de Programación Lineal, de la sexta sesión del experimento. Se abordó de esta manera, con la finalidad de particularizar el análisis, debido al gran volumen de información que se genera, y porque en la sexta sesión ya los participantes han estado familiarizados con la metodología y con los contenidos del programa de estudio, en función de las actividades realizadas. La última sesión consistió en grabar una video-exposición y alojarla en la plataforma YouTube, identificando un problema del entorno, como una situación problema propia de la cotidianidad del hogar, comunidad, ciudad, área de trabajo o contexto laboral, etc. que fuera susceptible de ser modelada como un modelo matemático de programación lineal para luego ser resuelto con la Hoja de Cálculo Electrónica, respondiendo preguntas del interés en torno al Análisis de Sensibilidad, explicando la necesidad o motivación de abordar tal problema y su beneficio al entorno.

En el mismo orden de ideas, para la sexta sesión, los logros que debían alcanzar los participantes estaban plasmados en los descriptores de comportamiento descritos en la Tabla 2, específicamente los siguientes: CPL1, CPL5, CPL7 y CPL8, mientras que los elementos de competencia asociados a estos descriptores fueron los descritos en la Tabla 3, respectivamente.

El video grabado por estos participantes fue realizado utilizando el software Bandicam y con voz en off, en donde solo se mostraban las acciones que iban realizando en la hoja de cálculo electrónica sin vista de los expositores. Las competencias matemáticas evidenciadas por P1 y P2 fueron las siguientes:

CPL1: Identificar el objetivo del problema, variables, recursos y requerimientos

En el video, el estudiante P1 describe correcta y claramente el problema a resolver, el cual consiste en un negocio de emprendimiento, extraído de una situación real de su entorno, como se muestra en la Figura 4. Utiliza un lenguaje sencillo y preciso, describiendo las cantidades de materia prima a utilizar, los requerimientos de cada uno, el objetivo del problema, etc. Plantea correctamente el modelo de Programación Lineal y, además, añade una tabla con la representación alternativa de los ingredientes al formular el modelo. Ubicándose en la escala de evaluación A (Profesional). Aquí se evidencia la comprensión del problema de Programación Lineal, con miras a la aplicación de las herramientas matemáticas para resolver adecuadamente el problema planteado del mundo real, tal como lo señalan Kenney et al. (2019).

El emprendimiento Alessbakery cuenta con dos postres, la Marquesa de Chocolate con un precio unitario de 16\$ y el Pie de Limón con un precio unitario de 12\$. Para la preparación de la marquesa de chocolate se necesita de 255gr de chocolate 172gr de azúcar, 125gr de leche en polvo, 4 unidades de huevos, 115gr de margarina, 20gr de cacao y 2 paquetes de galleta María. Para el Pie de Limón se necesita 800gr de leche condensada, 8 unidades de limones, 65gr de leche en polvo, 3 unidades de huevos y 150gr de azúcar. En el inventario se tiene 12 paquetes de galleta María, 60 unidades de huevos, 3000gr de azúcar, 1500gr de chocolate, 400 gr de margarina, 1000gr de leche en polvo, 40 unidades de limones, 300 gr de cacao en polvo y 4000gr de leche condensada. Alessbakery desea conocer la cantidad de productos que deberá vender de cada uno para que la ganancia sea máxima.

Figura 4. Enunciado del problema seleccionado para P1 y P2

En la Figura 5 se muestra el modelo matemático realizado conjuntamente con la representación de los datos en otra tabla.

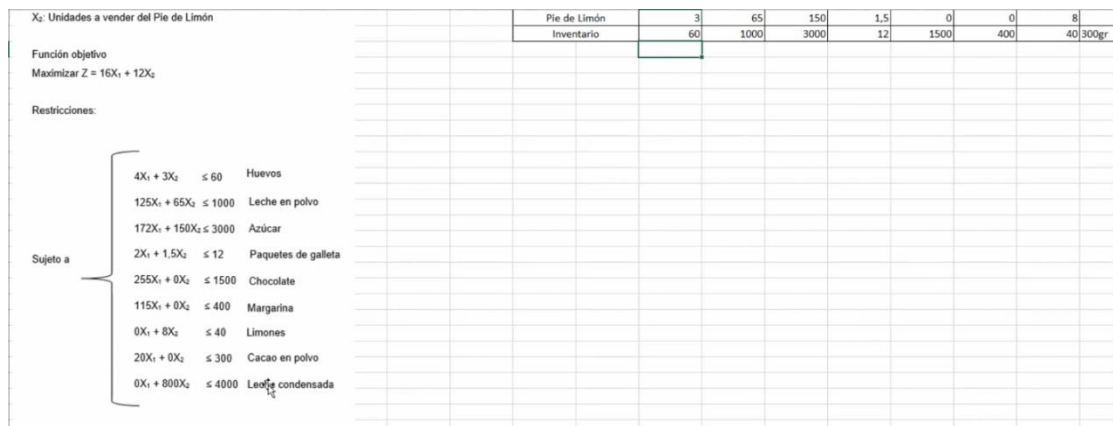


Figura 5. Modelo de Programación elaborado por P1 y P2

CPL5: Emplear recursos tecnológicos en la resolución de modelos de Programación Lineal.

Se denota una correcta utilización de la hoja de cálculo electrónica, en el vaciado de los datos, la estructuración de las fórmulas y la resolución con el Solver de Excel. Se obtuvo la solución óptima de manera correcta, lo que evidencia un dominio y manejo de los recursos tecnológicos, como se muestra en la Figura 6. El desempeño los ubica en la escala A (profesional). Estos dominios están en consonancia con lo propuesto por Munisamy (2009), Rangel (2015, 2018) y Fernández & Fernández (2015).

Tipos de postre	Marquesa de chocolate	Pie de Limón				
Cantidades a producir	3,5	3,36	Ganancias			
Ingreso unitario	16	12	96			
Restricciones			H	Signo	LD	Holgura
Huevos	4	3	24	≤	60	36
Leche en polvo	125	65	653,3333	≤	1000	347
Azúcar	172	150	1102,609	≤	3000	1897
Paquetes de galleta maría	2	1,5	12	≤	12	0
Chocolate	255	0	886,9565	≤	1500	613
Margarina	115	0	400	≤	400	0
Limonas	0	8	26,89855	≤	40	13
Cacao en polvo	20	0	69,56522	≤	300	230
Leche condensada	0	800	2689,855	≤	4000	1310

Figura 6. Plantilla de datos en Excel conjuntamente con la solución óptima

CPL7: Emplear comunicación oral y escrita en función del lenguaje técnico

El lenguaje utilizado por ambos participantes fue claro, preciso, argumentativo y ameno, explicando pausadamente cada detalle a medida que iba avanzando el video. Se evidencia una capacidad oral nutrida, además plantea argumentaciones y comparaciones, una acotación de importancia es cuando expresa lo siguiente “cabe destacar que en estas restricciones se deben manejar las mismas unidades del lado izquierdo y en el lado derecho, es decir, en el lado izquierdo y en el lado derecho se deben manejar las mismas unidades, en este caso para los huevos serían las unidades, leche en polvo esta todo en gramos, igualmente para la azúcar, el paquete de galleta maría esta dado en unidades...” (Gregory Giovanardi, 2020, 5m01s), haciendo hincapié en la importancia de mantener las restricciones de forma homogénea, para evitar errores. También realizó una argumentación en torno al estado de los recursos. En cuanto a la pregunta sobre la motivación e interés de elegir dicho problema, el participante P2 expone lo siguiente:

Este problema se obtuvo gracias a la oportunidad de poder resolver la maximización de utilidades, basada en el apoyo de un emprendimiento familiar que consiste en la venta de postres como marquesa de chocolate y Pie de limón y dar inicio al despegue del negocio, dado aproximadamente que se tiene un mes de inicio, no se tiene un plan previsto que pueda proyectar las ganancias a largo plazo, por lo que resulta perfecto convertirlo en un modelo de programación lineal y que así ayude a dar una idea sobre cómo?, qué? recursos deberían tomarse, cuánto de ellos y de qué forma, según los antecedentes de ventas que se tengan. (Gregory Giovanardi, 2020, 14m11s).

Por lo que se ubica en la escala de evaluación A.

CPL8: Practicar la ética en el trabajo en equipo

Esta competencia se refiere a elementos como el desarrollo en el trabajo en equipo durante la consecución de diferentes actividades fuera del aula de clases, tales como pruebas, talleres, exposiciones, respaldado por la responsabilidad y sensibilidad social, respeto, empatía, solidaridad y la búsqueda de nuevas soluciones. También se evidencia en diferentes niveles de proactividad, la comunicación efectiva y liderazgo. En el caso de P1 y P2, casi la totalidad de la video-exposición fue interactuada por P1, percibiendo claramente un desequilibrio de la participación de P2 en las partes más exigentes, por lo que la escala donde se ubica es la E (Entrante), la cual se refiere a un trabajo en equipo poco efectivo.

A efecto de visualizar el desempeño, de los participantes en el estudio, en la Tabla 4, se muestran los niveles de competencias alcanzados. Allí se percibe la homogeneidad en el logro por parte de los futuros ingenieros, que participaron en la experiencia. Quedan abiertas las posibilidades de realizar más estudios que pudieran confirmar la presencia de un ambiente de trabajo que involucra una cultura de estudio de la investigación de operaciones desde una perspectiva prometedora para su enseñanza y aprendizaje, en el sentido señalado por Munisamy (2009).

Tabla 4. *Niveles de competencia alcanzados por todos los participantes*

Participantes	CPL1	CPL5	CPL7	CPL8
P1	A	A	A	E
P2	A	A	A	E
P3	A	A	A	C
P4	A	A	A	C
P5	A	A	A	C
P6	A	A	A	C

CONCLUSIONES

El experimento de enseñanza se llevó a cabo satisfactoriamente y acorde con los lineamientos establecidos. Fue necesario realizar una inversión de tiempo considerable en el desarrollo del material instruccional requerido para abordar el proceso de enseñanza-aprendizaje a distancia. Los videos elaborados, se almacenaron tanto en el Campus Virtual de la Universidad Central de Venezuela, así como en la plataforma de videos YouTube, y atendieron todos los requerimientos temáticos del curso. Cada video contó con audio y video de alta calidad, atendiendo al estándar de alta definición (1080p HD) que se utiliza actualmente y donde la duración de los videos oscilaba en un promedio de 18 minutos.

Por su parte, el proceso de evaluación por competencias utilizando la modalidad a distancia suele ser muy complejo y en donde intervienen varios factores a tener en cuenta, puesto que se requiere cuidado, habilidad, creatividad e innovación, al momento de diseñar las actividades que le permitan al estudiante adquirir diferentes destrezas conforme a los niveles de logro esperados. Es por ello que se tomó la iniciativa de que los participantes crearan una video-exposición, en donde tuvieran la libertad, iniciativa y motivación de construir y resolver mediante la Programación Lineal y el uso de tecnología, un problema real de su entorno, así como llevar a cabo otras actividades haciendo uso también de Software.

Además, elementos como la presentación del modelo matemático y el diseño, son esenciales en la ingeniería y, es allí, donde entran en juego las competencias. En ese sentido, en este estudio, de un total de seis (06) participantes, cuatro (04) se ubicaron en un nivel global de competencia alcanzado y acorde con el modelo abordado de B (Desarrollándose), mientras que uno (01) obtuvo A (Profesional) y otro obtuvo C (Estándar), siendo estos resultados favorables, teniendo en cuenta las etapas llevadas a cabo en el experimento de enseñanza. En relación con las implicaciones anteriores, todos

los participantes del curso manifestaron haber revisado las guías didácticas suministradas, y reproducido los videos instruccionales, puestos a su disposición. Esto se evidenció en las producciones de los mismos a través de cada una de las actividades propuestas, en los guiones entregados en formato PDF y en periodos de tiempo semanales.

En efecto, los modelos de Programación Lineal presentados por los participantes en las video-exposiciones fueron referidos a situaciones contextuales reales, mostrando un interés social por mejorar problemáticas de transporte (Distribución de gas doméstico en una comunidad) y emprendimiento (Pequeñas empresas familiares), observando de esta manera la necesidad de proporcionar algún beneficio al entorno que los rodea. Así mismo, los videos instruccionales proporcionados a los participantes en la plataforma Youtube, les fueron de gran ayuda técnica, utilidad, suficiencia y aplicabilidad, al momento de abordar las diferentes actividades de forma teórica y tecnológica en la resolución de problemas.

Por otra parte, es necesario resaltar que los participantes fueron resilientes y proactivos durante el desarrollo del experimento de enseñanza, destacando el trabajo cooperativo y efectivo en la resolución de conflictos como experiencia de tipo social y también académica, en situaciones adversas y fuera del aula de clases. También se evidenció el interés, por parte de los participantes, al conocer la aplicabilidad de la Programación Lineal en determinados contextos, como una herramienta para el manejo y gestión de recursos limitados y su aporte significativo a la formación profesional. Es importante resaltar, la importancia que los participantes le atribuyeron a la utilización de la modalidad a distancia y al uso de videos como alternativa a la presencialidad y como recomendación para su mejoramiento continuo. De esta manera, se concluye que, a pesar de este esfuerzo, es necesario seguir investigando acerca del proceso de adquisición y desarrollo de las competencias cognitivas y actitudinales utilizando la modalidad en línea, estableciendo nuevos niveles e indicadores que se adapten a tal fin y fundamentado en los requisitos propios de la carrera de Ingeniería de Procesos Industriales.

En atención a la experiencia realizada, esta modalidad representa un punto de partida para futuras investigaciones en el ámbito educativo-ingenieril que puedan generar otras formas innovadoras, que resulten beneficiosas para todos los actores intervinientes en este proceso dentro del ámbito universitario de formación de ingenieros.

REFERENCIAS

- Bazaraa, M. S., Jarvis, J. J., & Sherali, H. D. (2010). *Linear Programming and Network Flows*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13.
- Cruz, C. (2010). La enseñanza de la modelación matemática en ingeniería. *Revista de la Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 25(3), 39-46. Disponible: http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_fiucv/search/authors/view?givenName=Cipriano&familyName=Cruz&affiliation=Universidad%20Central%20de%20Venezuela%20-%20Universidad%20Metropolitana.%20Caracas.&country=VE&authorName=Cruz%20Cipriano
- Cucinotta, D., & Vanelli, M. (2020). WHO declares COVID-19a Pandemic. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 91 (1) , 157-160.

- Fernández, J., & Fernández, P. (2015). Introducing Web 2.0 Tools For Teaching Linear Programming. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 191, 1392 – 1396
- García, J. B. (2020). Excelente video, muy bien explicado [Comentario en el video Método Dual Simplex]. Youtube. https://youtu.be/Sa0z3H_zRuw
- Gregory Giovanardi. (11 de Septiembre de 2020). *Ejercicio de Programación Lineal con Solver de Excel* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/X-S2svN0epg>
- Hestenes, D. (2013). Modeling Theory for Math and Science Education. En R. Lesh, P. Galbraith, C. Haines, & A. Hurford (Eds.), *Modeling Students' Mathematical Competencies* (pp. 13-41). New York: Springer.
- Hozak, K. (2020). Online software using randomization and automated grading to help teach linear programming with Excel and Solver in business courses, *Journal of Education for Business*, DOI: 10.1080/08832323.2020.1821345
- Hu, T., & Kahng, A. B. (2016). *Linear and integerr Programming Made Easy*. Suiza: Springer.
- Irigoin, M., & Vargas, F. (2002). Competencia Laboral: Manual de conceptos, métodos y procedimientos en el sector salud. Montevideo, Uruguay: Organización Internacional del Trabajo.
- Jensen, T. H. (2007). Assesing Mathematical Modelling Competency. En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum & S. Khan (Eds.), *Mathematical Modelling (ICTMA12) Education, Engineering and Economics*, (pp.141-148). Chichester, UK: Horwood Publishing.
- Kenney, R., An, T., Kim, SH., Uhan, N., Yi, JS. & Shamsul, A. (2019). Linear Programming Models: Identifying Common Errors in Engineering Students' Work with Complex Word Problems. *International Journal of Science and Mathematics Education* 18, 635–655. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-09980-5>
- Killer, T. (2020). Esto es lo que busca, sinceramente mi profesor no le entendía muy bien sus interpretaciones, pero aqui me aclaraste [Comentario del video Ejemplo de como utilizar el análisis de sensibilidad en Excel Solver]. Youtube. <https://youtu.be/hDOlzLvtREs>
- Lbt426. (4 de Noviembre de 2019). *Método dual simplex* [Archivo de Video]. Youtube. https://youtu.be/Sa0z3H_zRuw
- Lbt426. (1 de Marzo de 2019). *Ejemplo de como utilizar el análisis de sensibilidad en Excel Solver* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/hDOlzLvtREs>
- Lbt426. (13 de Agosto de 2019). *Modelo de asignación de productos a máquinas* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/qPkMRXhEQHI>
- Lbt426. (26 de Agosto de 2019). *Modelo de mezcla de producción* [Archivo de Video]. Youtube. https://youtu.be/oiwC_trKEN8
- Lbt426. (26 de Agosto de 2019). *Modelo del problema de la dieta* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/6NWwwKxRqWA>
- Lbt426. (9 de Noviembre de 2019). *Modelos de asignación* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/a8hLem02mcU>
- Lbt426. (17 de Julio de 2019). *Red de proyectos como programación lineal* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/UEvjZRync34>

- Lbt426. (2 de Marzo de 2019). *Resolución de modelos de transporte utilizando Excel Solver* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/uho0skHMmCw>
- Lbt426. (4 de Febrero de 2019). *Resolución de problemas de Programación Lineal usando Solver parte I* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/wCCLd9sWYv4>
- Lbt426. (12 de Febrero de 2019). *Resolución de problemas de Programación Lineal usando Solver parte II* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/SDxK5H9nN7w>
- Lbt426. (31 de Julio de 2020). *Casos Especiales del Método Simplex* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/QbbGsQneFZE>
- Lbt426. (30 de Agosto de 2020). *Conjuntos convexos* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/-HpJI7RVC6w>
- Lbt426. (11 de Septiembre de 2020). *Interpretación económica de la dualidad* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/rgnKQOfQJUg>
- Lbt426. (18 de Julio de 2020). *Método Algebraico en Programación Lineal* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/LZ4ZWGqBC-k>
- Lbt426. (10 de Septiembre de 2020). *Método de aproximación de Vogel* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/trnSHdAy-jU>
- Lbt426. (10 de Septiembre de 2020). *Método de la esquina nor-oeste* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/ydy5JVSuULU>
- Lbt426. (10 de Septiembre de 2020). *Método del Costo Mínimo* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/TJ8HLrxO2uU>
- Lbt426. (18 de Julio de 2020). *Método Gráfico* [Archivo de Video]. Youtube. https://youtu.be/cbLEGOq_qu0
- Lbt426. (30 de Julio de 2020). *Método Simplex Caso Maximización* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/-r9MmZqKbQg>
- Lbt426. (30 de Julio de 2020). *Método Simplex Caso Minimización* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/p5aUD3xN8E4>
- Lbt426. (25 de Agosto de 2020). *Modelo de finanzas* [Archivo de Video]. Youtube. https://youtu.be/2cL8_fRpArQ
- Lbt426. (25 de Agosto de 2020). *Modelos de programación lineal* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/ZBeBIYIoYIs>
- Lbt426. (11 de Septiembre de 2020). *Modelos de Transporte* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/O7uo6lDoF1A>
- Lbt426. (31 de Julio de 2020). *Problema Dual* [Archivo de Video]. Youtube. <https://youtu.be/-rRP-E02IYY>
- Márquez, J. E. (2020). Tecnologías emergentes aplicadas en la enseñanza de las matemáticas . *Didáctica. innovación y multimedia* , 38. 1-10. Disponible: <https://raco.cat/index.php/DIM/article/view/371576/465211>
- Mendible, A., & Ortiz, J. (2007). Modelización matemática en la formación de ingenieros. La importancia del contexto. *Enseñanza de la matemática* , 12, 133-150. Disponible: <https://core.ac.uk/download/pdf/287746187.pdf>

- Molina, M., Castro, E., & Castro, E. (2006). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Seminario Metodologías de Investigación de Trabajos en Curso*. Granada: Universidad de Granada.
- Molina, M., Castro, E., Molina, J. L., & Castro, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 29(1), 75-88.
- Munisamy, S. (2009). A Spreadsheet-Based Approach for Operations Research Teaching. *International Education Studies*, 2(3), 82-88.
- OIT/CINTERFOR. (2021). *Organización Internacional del Trabajo -Centro Iberoamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional*. Recuperado el 30 de Junio de 2021, de <https://bit.ly/3hqgsHo>
- Rangel, J. (04 de Mayo de 2018). La hoja de cálculo en modelación matemática: Perspectivas y Limitaciones. En L. Sánchez Tovar (Dirección). *Seminario Permanente de Investigación de la Unidad de Investigación del Ciclo Básico de FACES-UC*. Conferencia llevada a cabo en La Morita, Venezuela.
- Rangel, J. (2015). *Programacion lineal aplicada a la ingeniería de procesos industriales en un ambiente tecnológicamente mediado*. Maracay: [Tesis de Maestría, Universidad Pedagógica Experimental Libertador].
- Rangel, J. (s. f). Programación Lineal Paso a Paso [Canal de Youtube]. Youtube. https://www.youtube.com/channel/UCA0c63nXzC8m_nVvnfYReQ.
- Risa, J. A., & Arreola, A. (2003). Programación Lineal: Una introducción a la toma de decisiones cuantitativa. México: Thomson.
- Soto, C. M., & Liern, V. (2020). Modos de enseñanza en los videotutoriales de matemáticas: equilibrio entre eficacia puntual y utilidad formativa. *Bolema: Boletim de Educação Matemática*, 34(68), 1125-1143. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v34n68a14>
- Stevens, S., & Palocsay, S. (2004). A Translation Approach To Teaching Linear Program Formulation. *INFORMS Transactions on Education* 4(3), 38-54. <http://dx.doi.org/10.1287/ited.4.3.38>
- Thie, P. R., & Keough, G. E. (2008). *An Introduction to Linear Programming and Game Theory*. New Jersey: Wiley.
- Torres, J. (2021). Los 20 minutos mejores explicados, gran trabajo! [Comentario del video Ejemplo de como utilizar el análisis de sensibilidad en Excel Solver]. Youtube. <https://youtu.be/hD0lzLvtREs>.
- Universidad Central de Venezuela (2005a). *Módulo 1 Empresas y Negocios*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Universidad Central de Venezuela (2005b). *Módulo 2 Aseguramiento de la calidad*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Universidad Central de Venezuela (2005c). *Módulo 3 Productividad y logística en procesos industriales*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.
- Universidad Central de Venezuela (2005d). *Módulo 4 Administración, Evaluación y Control de Procesos de Mantenimiento*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.

Universidad Central de Venezuela (2005e). *Módulo 5 Ambiente, Seguridad e Higiene*. Caracas: Universidad Central de Venezuela.

Vanderbei, R. J. (2014). *Linear Programming Foundations and Extensions*. New York: Springer.

Villera, L. (2020). Gracias muy buen video, excelente explicación... [Comentario en el video Método Dual Simplex]. Youtube. https://youtu.be/Sa0z3H_zRuw.

José E. Rangel-Arzola
Universidad Central de Venezuela, Campus Cagua, Venezuela
jose.e.rangel@ucv.ve

José Ortiz-Buitrago
Universidad Central de Carabobo, Campus La Morita, Venezuela
ortizbuitrago@gmail.com