



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

MODELO DE SOPORTE AL PROCESO ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES BASADO EN TICS.

APLICACIÓN AL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Jhonathan Mauricio Vargas Barbosa

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2015

MODELO DE SOPORTE AL PROCESO ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES BASADO EN TICS.

APLICACIÓN AL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Jhonathan Mauricio Vargas Barbosa

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Magister en Ingeniería Industrial

Director:

Dr. Jaime Alberto Giraldo García

Línea de Investigación:

Dirección y Producción de Operaciones

Grupo de Investigación:

Innovación y Desarrollo Tecnológico

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial

Manizales, Colombia

2015

Probablemente de todos nuestros sentimientos el único que no es verdaderamente nuestro es la esperanza. La esperanza le pertenece a la vida, es la vida misma defendiéndose.

Julio Cortázar

A mis padres y hermana.

Agradecimientos

A mi familia, por su apoyo incondicional en este proceso formativo, por su comprensión y paciencia en las largas jornadas de trabajo académico.

A mi director de tesis, profesor Jaime Alberto Giraldo quien desde el comienzo me guió, apoyó y acompañó en este arduo proceso de crecimiento académico y personal.

A la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales a través de la dirección de investigaciones (DIMA) por su apoyo al desarrollo de esta investigación (proyecto: "Modelo de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la Gestión de la Producción y Operaciones basado en TICs. Aplicación al programa de Ingeniería Química" código Hermes 21817 y 28278).

Resumen.

La presente investigación tiene como objetivo principal determinar la importancia del proceso de enseñanza/aprendizaje de la Gestión de la Producción y Operaciones (GPO) en los programas de ingeniería química, para así plantear un modelo de enseñanza/aprendizaje soportado en herramientas TIC que aborde estos temas, y que ayude a los ingenieros químicos a afrontar los retos actuales de la profesión. Para el desarrollo de esta investigación se plantearon 3 etapas, la etapa teórica donde se realizó la revisión bibliográfica, la etapa contextual donde se establece la relación de la GPO con la ingeniería química, y la relación de algunas variables planteadas que afectan los procesos formativos, y finalmente la etapa propositiva donde con los resultados obtenidos de las etapas anteriores se plantea un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO soportado en TIC y con aplicación al programa de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Como resultado de la investigación se obtuvo un modelo de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la GPO, algunas herramientas de soporte (modelos de simulación), artículos publicados en revistas científicas, y ponencias en eventos internacionales que avalan la investigación. Se puede concluir que los temas abordados por la GPO son importantes para la formación profesional de los ingenieros químicos ya que responde a las necesidades actuales de la profesión en un mundo cambiante, globalizado, donde el ingeniero químico es parte fundamental del éxito de las organizaciones. Por esta razón es necesario plantear una metodología de enseñanza/aprendizaje de la GPO atendiendo las necesidades expuestas por los ingenieros y futuros ingenieros químicos.

Palabras clave: Ingeniería química, Gestión de la Producción y Operaciones, Aprendizaje Basado en Problemas, TIC, y Proceso de enseñanza/aprendizaje.

Abstract

MODEL SUPPORT EDUCATION/LEARNING PROCESS OF THE PRODUCTION AND OPERATION MANAGEMENT BASED ON CIT. APPLIED TO CHEMISTRY ENGINEERING PROGRAM.

This research has as main objective to determine the importance of the teaching / learning of Production and Operations Management (POM) in chemical engineering programs in order to raise a model of teaching / learning supported by ICT tools that address these issues, and help chemical engineers to meet the current challenges of the profession. For the development of this research were raised three stages, the theoretical stage where the literature review was conducted, contextual stage where the ratio of the POM in chemical engineering, and the relationship of some raised variables that affect learning processes established, and finally the proactive stage where the results of the previous stages a model of teaching / learning ICT POM supported the program and application of chemical engineering at the National University of Colombia Manizales arises. As a result of research support a model of teaching / learning the POM, some support tools (simulation models), articles published in scientific journals and presentations at international events that support the research was obtained. It can be concluded that the issues addressed by the POM are important for vocational training of chemical engineers as it responds to the current needs of the profession in a changing, globalized world, where the chemical engineer is vital to the success of organizations. It is therefore necessary to propose a methodology of teaching / learning the POM meeting the needs expressed by the future engineers and chemical engineers.

Keywords: Chemical Engineering, Production and Operations Management, Problem Based Learning, ICT, and the teaching / learning.

Contenido

	Pág.
Resumen.....	V
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas.....	XVII
Lista de Abreviaturas.....	XIX
Introducción.....	XXI
1 PLANTEAMIENTO, JUSTIFICACIÓN Y PERTINENCIA DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	27
1.1 Planteamiento del problema.....	27
1.1.1 Descripción del problema.....	27
1.1.2 Formulación del problema.....	28
1.1.3 Sistematización del problema.....	31
1.2 Justificación.....	33
1.3 Preguntas de investigación.....	34
1.3.1 Pregunta principal.....	34
1.3.2 Preguntas secundarias.....	34
1.4 Variables propuestas y su relación en los procesos de enseñanza/aprendizaje.....	35
1.5 Hipótesis.....	39
1.6 Objetivos.....	40
1.6.1 Objetivo general.....	40
1.6.2 Objetivos específicos.....	40
1.7 Resultados esperados.....	41
1.8 Conclusiones parciales.....	41
2 MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL.....	43
2.1 Ingeniería química.....	45
2.1.1 Ingeniería química: retos y perspectivas.....	46
2.1.2 Ingeniería química en la universidad nacional de Colombia sede Manizales [29].....	52
2.2 Gestión de la producción y operaciones (GPO).....	54
2.3 TIC.....	58
2.4 El proceso de educación y de Enseñanza/Aprendizaje.....	62
2.4.1 Algunos paradigmas del proceso de Enseñanza/Aprendizaje.....	64
2.4.2 El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).....	67
2.4.3 Educación y las TIC.....	69
2.5 Conclusiones parciales.....	73

3	METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	75
3.1	Diseño de la investigación.....	75
3.2	Enfoque de recolección de datos.....	75
3.3	Alcance de los objetivos y etapas del estudio.....	76
3.4	Variables propuestas que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje y su relación.....	79
3.5	Categorías y su relación con variables causa-efecto.....	80
3.6	Población y muestra del estudio.....	96
3.7	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	96
3.8	Validez y confiabilidad de los instrumentos.....	98
3.9	Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.....	98
3.10	Conclusiones parciales.....	98
4	DESARROLLO DEL MODELO DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE APOYADO EN TIC.....	99
4.1	Relación de variables en el proceso de enseñanza/aprendizaje.....	99
4.2	Propuesta de un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO aplicado a un programa de ingeniería química.....	124
4.3	Asignatura propuesta.....	130
4.4	Conclusiones parciales.....	137
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	139
5.1	Herramientas de enseñanza/aprendizaje desarrolladas.....	139
5.1.1	Sitio web desarrollada.....	140
5.1.2	Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol. ...	142
5.1.3	Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un proceso de producción de jabón.....	148
5.1.4	Herramienta para el entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con la localización de planta.....	154
5.1.5	Modelo de entrenamiento para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de producción y operaciones de un proceso de producción de cerveza.....	155
5.2	Divulgación del conocimiento.....	163
5.2.1	Artículos científicos publicados.....	163
5.2.2	Ponencias presentadas en eventos académicos de orden nacional e internacional.....	167
5.2.3	Proyectos de investigación.....	171
5.3	Hipótesis.....	172
5.4	Conclusiones parciales.....	174
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	175
A.	Anexo: Herramientas investigación preliminar.....	179
B.	Anexo: Resumen respuesta investigación preliminar.....	183
C.	Anexo: Herramientas para comprobación de las relaciones entre variables propuestas.....	189
D.	Anexo: Resultados instrumento comprobación de relaciones entre variables.....	211

E.	Anexo: Herramientas para la comprobación de hipótesis.....	241
F.	Anexo: Resultados herramientas para la comprobación de hipótesis.	247
G.	Anexo: Manuales de usuario del software desarrollado.....	257
7	BIBLIOGRAFÍA.....	369

Lista de figuras.

	Pág.
Figura 1-1: Estudiantes y Profesionales de Ingeniería Química en Programas de Posgrados Ofrecidos por el Departamento de Ingeniería Industrial por año.	30
Figura 1-2: Relación de variables causa y variables efecto propuestas.	38
Figura 2-1: Hilo conductor para la construcción del marco teórico referencial de la investigación.....	44
Figura 2-2: Modelo de tres esferas de dominios ambientales, sociales y económicos tomado de [19].....	47
Figura 2-3: Acontecimientos que impulsaron la evolución de la GPO (elaboración propia basada en [37]).....	57
Figura 2-4: Relación entre enseñanza, aprendizaje y educación, elaboración propia basados en [46].	63
Figura 2-5: Cronología del uso de los medios de comunicación en la educación (elaboración propia basada en [60]).	72
Figura 3-1: Etapas de la Investigación.....	78
Figura 4-1: Metodología para la relación de variables.....	100
Figura 4-2: Resultado relación R1.....	102
Figura 4-3: Resultado Relación R2.	103
Figura 4-4: Resultado relación R3.....	104
Figura 4-5: Resultado relación R4.....	105
Figura 4-6: Resultado relación R5.....	106
Figura 4-7: Resultado relación R6.....	107
Figura 4-8: Resultado relación R7.....	109
Figura 4-9: Resultado Relación R8.	111
Figura 4-10: Resultado relación R9.....	112
Figura 4-11: Resultado relación R10.....	113

Figura 4-12: Resultado relación R11.....	114
Figura 4-13: Resultado relación R12.....	115
Figura 4-14: Resultado relación R13.....	116
Figura 4-15: Resultado relación R14.....	117
Figura 4-16: Resultado relación R15.....	119
Figura 4-17: Resultado relación R16.....	120
Figura 4-18: Resultado relación R17.....	121
Figura 4-19: Grafico resumen relación de variables.	123
Figura 4-20: Grafico radial de las relaciones entre variables.....	124
Figura 4-21: Promedio de las categorías evaluadas y su influencia en los procesos de enseñanza/aprendizaje.	125
Figura 4-22: Promedio de las dimensiones para la categoría C1.....	125
Figura 4-23: Promedio de las dimensiones para la categoría C2.....	126
Figura 4-24: Promedio de las dimensiones para la categoría C3.....	126
Figura 4-25: Promedio de las dimensiones para la categoría C4.....	127
Figura 4-26: Modelo de enseñanza/aprendizaje planteado.	129
Figura 5-1: Código QR, acceso a la página web desarrollada.	141
Figura 5-2: Página web desarrollada en su versión para pc.....	141
Figura 5-3: Página web desarrollada en su versión móvil.	141
Figura 5-4: Representación conceptual del modelo de simulación [8].	143
Figura 5-5: Vista del modelo de simulación del proceso de producción de bioetanol.	146
Figura 5-6: Interfaz gráfica de la herramienta desarrollada en el software flexsim.....	146
Figura 5-7: Cadena logística típica de un proceso de producción de jabón.....	148
Figura 5-8: Representación conceptual del modelo de simulación [7].	149
Figura 5-9: Representación gráfica del modelo de simulación.	152
Figura 5-10: Interfaz Gráfica de Usuario desarrollada en Excel.	153
Figura 5-11: GUI herramienta desarrollada para la localización de planta (elaboración propia).....	154
Figura 5-12: Representación conceptual del modelo de simulación.	156
Figura 5-13: Vista del modelo de simulación.....	159
Figura 5-14: Interfaz Gráfica de Usuario desarrollada en Excel.	159

Figura 5-15: Interfaz de resultados desarrollada en Excel.	160
Figura 5-16: Artículos producto de la investigación	163
Figura 5-17: Ponencias presentadas producto de la investigación.	167
Figura 5-18: Proyectos desarrollados en el marco de la investigación.	171

Lista de tablas.

	Pág.
Tabla I: Resultados divulgación del conocimiento.	XXIV
Tabla 1-1: Descripción actual de los inconvenientes en la actual metodología de enseñanza/aprendizaje (elaboración propia).	32
Tabla 1-2: Operacionalización de las variables causa.	35
Tabla 1-3: Operacionalización de las variables efecto.	37
Tabla 2-1: Herramientas más comunes que ejemplifican las TIC.	59
Tabla 2-2: Componentes y secuencias que integran el ABP, elaboración propia a partir de [53].	68
Tabla 3-1: Relación entre Variables Causa y Variables Efecto.	79
Tabla 3-2: Dimensiones de la Categoría C1.	82
Tabla 3-3: Dimensiones de la Categoría C2.	84
Tabla 3-4: Dimensiones de la Categoría C3.	86
Tabla 3-5: Dimensiones de la Categoría C4.	88
Tabla 3-6: Relación y confiabilidad entre las variables propuestas (elaboración propia).	89
Tabla 3-7: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C1.	91
Tabla 3-8: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C2.	92
Tabla 3-9: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C3.	94
Tabla 3-10: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C4.	95
Tabla 3-11: Instrumentos de recolección de datos.	97
Tabla 4-1: Resultados relación R1.	102
Tabla 4-2: Resultado relación R2.	103
Tabla 4-3: Resultado relación R3.	104
Tabla 4-4: Resultado relación R4.	105
Tabla 4-5: Resultado relación R5.	106
Tabla 4-6: Resultado relación R6.	107

Tabla 4-7:	Resultado relación R7.....	108
Tabla 4-8:	Resultado relación R8.....	110
Tabla 4-9:	Resultado relación R9.....	112
Tabla 4-10:	Resultado relación R10.....	113
Tabla 4-11:	Resultado relación R11.....	114
Tabla 4-12:	Resultado relación R12.....	115
Tabla 4-13:	Resultado relación R13.....	116
Tabla 4-14:	Resultado relación R14.....	117
Tabla 4-15:	Resultado relación R15.....	118
Tabla 4-16:	Resultado relación R16.....	119
Tabla 4-17:	Resultado relación R17.....	121
Tabla 4-18:	Benchmarking, GPO e ingeniería química, universidades asignaturas y contenidos (elaboración propia).....	130
Tabla 4-19:	Ficha de asignatura propuesta.....	132
Tabla 5-1:	Variables modificables en el modelo de producción de bioetanol, y sus unidades de medida.	147
Tabla 5-2:	Variables de decisión y niveles de operación del modelo de producción de jabón.	152

Lista de Abreviaturas.

Abreviatura	Término
<i>ABP</i>	Aprendizaje Basado en Problemas
<i>DPO</i>	Dirección de Producción y Operaciones
<i>ERP</i>	Enterprise Resource Planning
<i>GPO</i>	Gestión de la Producción y Operaciones
<i>IO</i>	Investigación de Operaciones
<i>MRP</i>	Material Requirements Planning
<i>POM</i>	Production and Operation Management
<i>SCM</i>	Supply Chains Management
<i>TIC</i>	Tecnologías de la Información y la Comunicación

Introducción.

En las últimas décadas, la Gestión de la Producción y Operaciones (GPO) ha cobrado una importancia significativa para las organizaciones, ya que se ha constituido en una fuente sólida de ventajas competitivas para estas; lo que ha llevado a demandar con mayor frecuencia profesionales con conocimientos adecuados tanto en el sector servicios como en el sector productivo [1].

Como los ingenieros químicos hacen parte fundamental de las organizaciones, sobre todo en la sección productiva; se busca establecer una relación entre GPO e Ingeniería química. Para el American Institute of Chemical Engineers [2], “La ingeniería química es la profesión en la cual el conocimiento de la matemática, química y otras ciencias básicas, obtenido por el estudio, experiencia y práctica, es aplicado para desarrollar maneras económicas de usar materiales y energía para el beneficio de la humanidad”. Se destaca en esta y otras definiciones de la profesión el término económico y su relación con la GPO ya que esta última al estar encargada de la planificación, organización, mejora, dirección y control de la producción de bienes y servicios, puede garantizar que las formas de usar materia prima y energía sean económicas. Partiendo tanto de la definición de la profesión, y los temas abordados por la GPO, se evidencia en primera medida la importancia de estos temas en la Ingeniería química, resaltando el papel de dichos profesionales en la unidad empresarial.

Para establecer la necesidad de abordar temas relacionados con la GPO, se realizó una investigación preliminar en la cual se evidenció la necesidad de abordar fuertemente los temas relacionados con la GPO en el programa de ingeniería química de nuestra universidad, algunos profesionales han visto la necesidad de profundizar en esta área cursando posgrados relacionados con la GPO tales como la Especialización en Dirección de Producción y Operaciones ofrecida por esta misma universidad. Adicionalmente realizando un sondeo por algunas universidades nacionales e internacionales, se encontró que en muchos planes curriculares se han comenzado a implementar asignaturas que

aborden las temáticas relacionadas con la GPO. Por esto, dadas las dificultades de acceso para la experimentación en toma de decisiones relacionadas con la GPO en sistemas reales de producción, es acertado proponer modelos de enseñanza/aprendizaje que contribuyan a procesos formativos más completos en ingeniería química. Partiendo de lo anterior, se hace necesario plantear un modelo de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la GPO basado en TIC, y con aplicación a programas de ingeniería química.

Dada la importancia de plantear un modelo de enseñanza aprendizaje, es necesario ahondar en diferentes temáticas tales como la educación. Se entiende que la educación incluye los procesos de enseñanza/aprendizaje, para esto [3] expresa que la educación es el proceso por el cual el hombre se forma y define como persona. La palabra educar viene de educere, que significa sacar afuera. Aparte de su concepto universal, la educación reviste características especiales según sean los rasgos peculiares del individuo y de la sociedad. En la situación actual, de una mayor libertad y soledad del hombre y de una acumulación de posibilidades y riesgos en la sociedad, se deriva que la Educación debe ser exigente, desde el punto de vista que el sujeto debe poner más de su parte para aprender y desarrollar todo su potencial. El aprendizaje a través de la comunicación con los semejantes y de la transmisión deliberada de pautas, técnicas, valores y recuerdos es proceso necesario para llegar a adquirir la plena estatura humana [4]. Es necesario explorar los paradigmas de la educación los cuales son un conjunto de conocimientos que forman la visión del mundo, según Thomas Khun: "cada paradigma delimita el campo de los problemas que pueden plantearse, con tal fuerza que aquellos que caen fuera del campo de aplicación del paradigma ni siquiera se advierten". Cada uno de los paradigmas que tienen una presencia significativa en el ámbito de la educación, han hecho posible el surgimiento de explicaciones, de instrumentos metodológicos y tecnológicos para abordar tales procesos desde diferentes dimensiones. Entre los paradigmas de la educación se tiene el paradigma conductista, crítico social, cognitivo, constructivista, positivista e interpretativo.

[5] Señalan que el proceso educativo está evolucionando, adecuándose en cada momento a los cambios que se producen en la sociedad; actualmente, ésta se enfrenta al reto de las TIC, que están experimentando un desarrollo constante a un ritmo vertiginoso. La adaptación de la formación universitaria a esta nueva realidad no está siendo inmediata,

sino que experimenta un cierto retraso provocado por diversos factores, algunos de los cuales serán analizados en el presente trabajo. En cualquier caso, las mejoras que se van alcanzando en el proceso de enseñanza justifican plenamente el esfuerzo requerido para su obtención.

En el caso de América Latina, en diferentes campos y áreas se han estado adelantando esfuerzos interesantes que buscan concientizar a la población acerca de esta nueva etapa de la civilización como es el uso de las TIC. Lastimosamente, dichos esfuerzos en el campo educativo no han tenido la trascendencia suficiente para llevar a toda la población a un estado ideal. Actualmente, nos encontramos en una posición inequitativa e inestable, salpicada de mucha confusión, producto de la escasa infraestructura y capacidad económica y de la insuficiente forma de preparación (basadas generalmente en modelos extranjeros) [6].

Acorde con lo expuesto anteriormente, y con el fin de desarrollar un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO basado en TIC, se plantearon tres etapas para la investigación; en la primera etapa, la etapa teórica se realizó una revisión bibliográfica donde se exploró la naturaleza de la ingeniería química, los retos, fortalezas y debilidades actuales, la GPO y su relación con la ingeniería química, los procesos de enseñanza/aprendizaje y el papel de las TIC en dichos procesos formativos, para luego plantear algunas variables y su relación en los procesos formativos.

En la segunda etapa, la etapa contextual, se evaluaron las relaciones entre variables causa-efecto que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje, finalmente en la tercera etapa, la etapa propositiva, se desarrolló un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO soportado en TIC, algunas herramientas de simulación que lo soportan y la propuesta de una asignatura que aborde estos temas en el programa de ingeniería química.

Entre los resultados de la investigación, se destaca un modelo completo de enseñanza/aprendizaje de la GPO, con herramientas TIC que lo soportan, la propuesta de una asignatura que aborde estos temas y algunos resultados de divulgación del conocimiento como lo muestra la tabla 1-1.

Tabla I: Resultados divulgación del conocimiento.

Producto	Información
Artículo: Modelo Didáctico en Toma de Decisiones relacionadas con la Gestión de Producción y Operaciones (GPO). Aplicación en Ingeniería Química [7].	Publicado en la revista Formación Universitaria, categoría A1 Colciencias. (Chile).
Artículo: Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol [8].	Publicado en la revista Iteckne, categoría B Colciencias. (Colombia).
Artículo: Modelo de Predicción de Costos en Servicios de Salud Soportado en Simulación Discreta (Artículo desarrollado en la búsqueda del tema de investigación) [9]	Publicado en la revista Formación Tecnológica, categoría A1 Colciencias. (Chile).
Ponencia presentada Un Modelo de Soporte a Decisiones Basado en Simulación Discreta Aplicado en una Unidad de Servicios de Salud [10].	Presentada en el 11° Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos, el cual se desarrolló en la ciudad de Lima-Perú.
Ponencia Aceptada: Modelos de simulación de eventos discretos como ayuda didáctica en el proceso enseñanza/aprendizaje de la gestión de la producción y operaciones en ingeniería química [11].	Aceptado en CLAIO 2014, articulado con ALIO/SMIO Conference on Operations, México.
Ponencia Presentada: Modelo de soporte al proceso enseñanza/aprendizaje de la gestión de la producción y operaciones basado en TICs aplicado a un programa de ingeniería química [12]	Presentado en 7th International Conference on Production Research / American Region. Perú
Ponencia Presentada: Modelo de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la Gestión de la Producción y Operaciones basado en TIC [13].	Presentado en I Coloquio de investigación posgrados ingeniería industrial Manizales, Colombia.
Proyecto: Convocatoria del programa nacional de apoyo a estudiantes de posgrado para el fortalecimiento de la investigación, creación e innovación de la universidad nacional de Colombia 2013-2015	Modelo de soporte al proceso enseñanza/aprendizaje de la gestión de la producción y operaciones basado en TICS. aplicación al programa de ingeniería química (código 21817 y 28278

El presente trabajo de investigación consta de 6 capítulos, distribuidos de la siguiente forma: **Capítulo 1** planteamiento, justificación y pertinencia de la investigación, En el **capítulo 2** se presenta el marco teórico-referencial, en el **capítulo 3** se expone la metodología de trabajo, en el **capítulo 4** se realiza el desarrollo del modelo de enseñanza/aprendizaje, en el **capítulo 5** se presentan los resultados de la investigación y finalmente en el **capítulo 6** se presentan las conclusiones y recomendaciones finales.

1 PLANTEAMIENTO, JUSTIFICACIÓN Y PERTINENCIA DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

1.1 Planteamiento del problema.

1.1.1 Descripción del problema.

Los nuevos desarrollos en la GPO han provocado cambios importantes en las ventajas competitivas de la empresa, demandándose con mayor frecuencia profesionales con conocimientos adecuados, tanto en el sector industrial como en el sector servicios [1].

Para apoyar esto, en [14] se hace una revisión bibliográfica sobre GPO lo cual arrojó que la producción de artículos sobre estos temas aumento en un 1808% entre el año 1959 y 2008, además se encontró que los temas más tratados son las Cadenas de Abastecimiento y Algoritmos de Solución de Problemas entre otros. Esta revisión bibliográfica muestra el crecimiento en investigaciones referentes a la GPO.

Por otro lado, se realizó una investigación preliminar mediante la aplicación de una encuesta a estudiantes y profesionales del programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales con el fin de detectar las expectativas profesionales, además de identificar la importancia y las necesidades del proceso de enseñanza/aprendizaje de temas relacionados con la GPO.

La investigación preliminar se dividió en dos encuestas, la primera se realizó a estudiantes y egresados del programa. La segunda, que comprendía preguntas abiertas se realizó a docentes del departamento de Ingeniería Industrial que han tenido relación directa con los estudiantes y profesionales de Ingeniería Química tanto en la Especialización en Dirección de Producción y Operaciones, como en la Maestría en Ingeniería Industrial y el Doctorado

en Ingeniería – Industria y Organizaciones, las preguntas de esta encuesta se relacionaban con las potencialidades y vacíos que se encontraban en los estudiantes de ingeniería química al momento de tratar temas relacionados con la GPO. Los resultados del estudio preliminar se encuentran en el Anexo A y Anexo B.

Como resultado de la investigación preliminar se encontró que en la encuesta realizada a estudiantes y profesionales, el 93% de los encuestados señalan necesaria la enseñanza de temas relacionados con la GPO. También estos encuestados consideran que los temas relacionados con la GPO tratados en el programa de Ingeniería Química necesitan un ajuste en la metodología de enseñanza/aprendizaje. Examinando las metodologías y herramientas posibles en los procesos de enseñanza/aprendizaje, los encuestados en sus respuestas exponen la necesidad del uso de simulación con un 30% de respuestas, casos de estudios con 35% y visitas académicas con otro 35%, finalmente el total de los encuestados consideran útil y necesario experimentar de forma virtual con un modelo real y así contextualizar el conocimiento.

Los docentes en su encuesta expresaron que han encontrado algunas dificultades al momento de tratar temas relacionados con la GPO con estudiantes del programa de Ingeniería Química también expresaron la necesidad de experimentar con modelos computacionales donde se represente el mundo real, he hicieron algunas recomendaciones como el empleo de herramientas relacionadas con modelos de simulación para apoyo a la enseñanza/aprendizaje de la GPO, aplicativos en Investigación y operaciones y el uso de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

1.1.2 Formulación del problema.

Las herramientas tecnológicas están presentes cambiando constantemente la forma en la cual se realizan algunas actividades, la concepción social de la realidad y la forma de comunicación. Las metodologías en el proceso de enseñanza/aprendizaje no son ajenas a estos nuevos paradigmas en los cuales las TIC están presentes revolucionando el día a día.

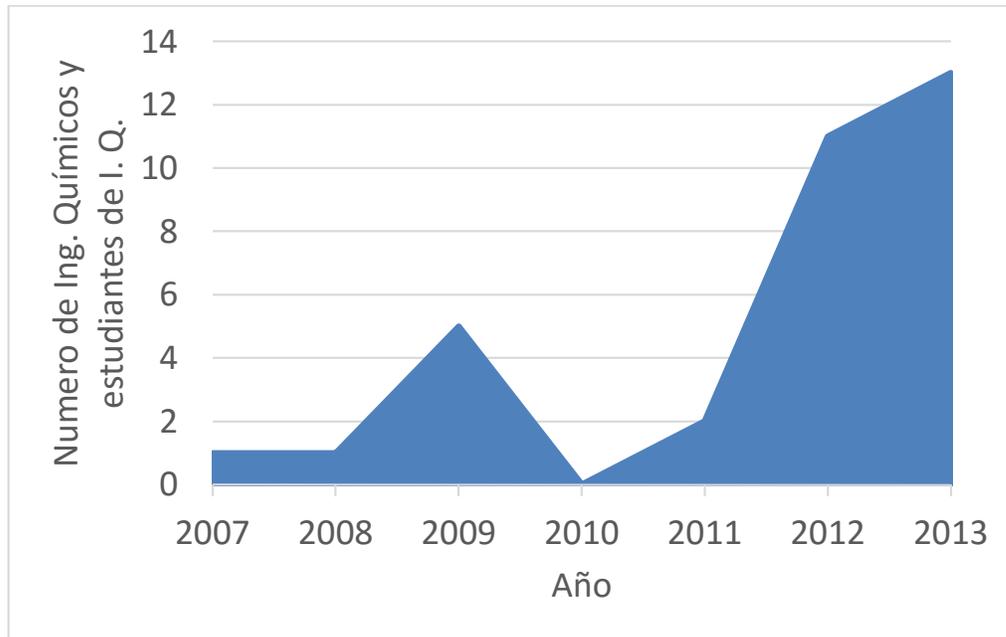
Partiendo de lo anterior, se hace necesario realizar un estudio teórico sobre diferentes puntos o aspectos que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje. Como primer

punto, es necesario definir las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje, para esto [15] definen las TIC como las tecnologías para la recolección, registro, almacenamiento, procesamiento, investigación, transferencia y recepción de información dirigida en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Gracias a los avances y cambios tecnológicos se han presentado cambios significativos en las bases de los procesos de enseñanza aprendizaje, cambios como la independencia y el autoaprendizaje lo que ha desencadenado en la necesidad del planteamiento de nuevas metodologías de enseñanza/aprendizaje donde el docente pasara de ser transmisor de conocimiento a facilitador de éste.

Se resalta para el presente estudio que en los programas de ingeniería química se abordan temas relacionados con la GPO como la distribución de planta, la localización de la misma, la evaluación y formulación de proyectos productivos donde se deben incluir temas completos de la cadena logística y algunos otros como el control de la producción, gestión tecnológica y simulación. Estos temas son relevantes para la formación ingenieril y por esto deben abordarse y enfocarse al desarrollo profesional.

El aumento de estudiantes y profesionales de ingeniería química que han cursado tanto la Especialización en Dirección de Producción y Operaciones como la Maestría en Ingeniería Industrial los cuales son ofrecidos por el departamento de Ingeniería Industrial muestran necesidad de abordar estos temas en el programa de ingeniería química y muestra la carencia de una asignatura que trate temas de la GPO. Se encuentra que para el 2013 se han registrado 33 estudiantes en los posgrados ofrecidos por el departamento de ingeniería industrial, los cuales son ingenieros químicos o estudiantes de ingeniería química que están asistiendo a estos posgrados como opción de grado. El ingreso de estudiantes por año a los posgrados ofrecidos por el departamento de Ingeniería Industrial se puede evidenciar en la figura 1-1.

Figura 1-1: Estudiantes y Profesionales de Ingeniería Química en Programas de Posgrados Ofrecidos por el Departamento de Ingeniería Industrial por año.



Luego de evaluar este panorama, se plantea la siguiente cuestión: ¿Diferentes herramientas de soporte para el proceso de enseñanza/aprendizaje como las visitas industriales, uso de TIC, ejercicios de trabajo con casos de estudio para la contextualización de los temas, casos de estudio aportan a los procesos formativos de los futuros ingenieros, el buen desempeño de los docentes, y la buena preparación para el ejercicio profesional?

Con el fin de aproximarse a dar respuestas a esta pregunta, es necesario realizar un diagnóstico de las metodologías actuales usadas en el proceso enseñanza/aprendizaje, estudiar el uso de nuevas tecnologías y como estas afectan el proceso educativo. Finalmente proponer modelo de enseñanza/aprendizaje basada en TIC y que cumpla con las necesidades actuales de los estudiantes y de los docentes.

1.1.3 Sistematización del problema.

Luego de plantear un panorama general, se pueden plantear preguntas como ¿Cuál es la relación del uso de las TIC en el proceso de enseñanza/aprendizaje con la formación de futuros ingenieros preparados para el desempeño profesional? ¿Cómo las visitas industriales aportan al proceso pedagógico tanto por parte del docente como del estudiante? ¿Es necesario que el docente tenga experiencia profesional en el campo de la GPO para hacer parte del proceso de enseñanza/aprendizaje de estas temáticas para la carrera de ingeniería química? ¿Qué temáticas específicas deben hacer parte del proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO y como estas deben ser contextualizadas en el ámbito local y global para la buena formación de ingenieros? Estas y otras preguntas que poco a poco en el proceso de investigación se evidencian, sirven como guía para encaminar el proceso investigativo a la consecución de los objetivos.

El problema fue sistematizado y descrito haciendo énfasis en los síntomas, las causas, el pronóstico y el control del pronóstico; donde el pronóstico hace referencia a las posibles consecuencias si se continúan con los inconvenientes planteados en el enunciado de las causas y el control del pronóstico hace referencia a las posibles soluciones de los problemas detectados. En la tabla 1-1 se exponen los síntomas entre ellos las barreras de comunicación entre estudiantes y docentes, la inadecuada preparación de los estudiantes de ingeniería química frente a temas relacionados con la GPO; también se expone el posible pronóstico donde se evidencia la necesidad de que los estudiantes complementen su formación con diferentes programas de posgrado que aborden temas de la GPO necesarios para su desempeño profesional y finalmente se expone el control del pronóstico, en el cual se propone una metodología de enseñanza/aprendizaje de la GPO en ingeniería química, donde esta metodología se soporte en herramientas TIC y con unas características específicas que cubran las necesidades de los ingenieros químicos.

Tabla 1-1: Descripción actual de los inconvenientes en la actual metodología de enseñanza/aprendizaje (elaboración propia).

SÍNTOMAS	CAUSAS	PRONÓSTICO	CONTROL AL PRONOSTICO
Una no adecuada preparación de estudiantes de ing. química frente a temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones.	Una metodología no adecuada a las necesidades actuales de los futuros profesionales.	Aumento en las deserciones de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.	Planteamiento de herramientas basadas en TIC que actúen como apoyo y soporte a la metodología de enseñanza/aprendizaje que incluya modelos de simulación, casos de estudio, experimentación virtual de un modelo real. Que satisfagan las necesidades tanto académicas como profesionales de los futuros ingenieros.
Barreras de comunicación y entendimiento con estudiantes y profesionales de otras ramas al momento de tratar temas referentes a la gestión de la producción y operaciones.	Falta de casos de estudio modelados virtualmente donde el estudiante pueda simular la realidad y tomar decisiones.	Preparación de futuros profesionales que tendrán dificultad al enfrentarse a temas e inconvenientes relacionados con la Gestión de la Producción y las Operaciones.	
De acuerdo con la encuesta realizada, se identificó una falencia en la concordancia de los temas vistos con las expectativas académicas y profesionales de los estudiantes.	Poco trabajo interdisciplinario con otras carreras profesionales, p. e. Ingeniería industrial.		
	Falta de visitas industriales que contextualicen lo visto en clase.		
	Poco uso de las TIC como herramientas en la metodología enseñanza/aprendizaje		
	Poco uso de textos guía para el desarrollo de los temas referentes a la GPO.		
	Insuficientes temas de GPO en la carrera de Ingeniería Química.		
	Carencia de una asignatura específica de GPO.		

1.2 Justificación.

Se considera importante este estudio por diversas razones, hay gran interés de los presentes investigadores por conocer cómo se desarrolla el proceso de enseñanza/aprendizaje para temas relacionados con la GPO, cual es el papel de las TIC en este proceso y que herramientas se han estado incorporando en la actualidad.

Plantear y aplicar una metodología de enseñanza/aprendizaje basada en TIC implica reconocer que el éxito de las TIC en la enseñanza no solo depende de estas sino de docentes y estudiantes comprometidos con el uso cotidiano de las TIC y con el enriquecimiento de los modelos pedagógicos. La educación virtual pretende incidir en el uso creciente de las TIC, y motivar el interés de los docentes al ofrecer modelos novedosos de gestión educativa centrados en el aprendizaje de los estudiantes, lo cual implica fomentar el estudio independiente y el estudio en colaboración; la interacción académica entre docente-estudiante, estudiante-docente; el desarrollo de habilidades cognoscitivas en los estudiantes y el fomento de su capacidad de análisis, de síntesis y de formulación de juicios valorativos [16].

Realizar esta investigación implica preocuparse por las personas como sujetos que pertenecen a un entorno social y cuyas reacciones, necesidades, acciones y opiniones son analizadas, esto con el fin de identificar los factores presentes o ausentes en la metodología de enseñanza/aprendizaje y aprovechar estos factores para actualizar las metodologías existentes y sustentarlas con herramientas basadas en TIC. También implica reconocer la necesidad de que más estudiantes y docentes utilicen las TIC en su cotidianidad donde el dominio de estas herramientas formen parte integra en las actividades desarrolladas en el ámbito educativo. Lo importante de este estudio, es que además los posibles productos obtenidos del mismo podrán ser utilizados como herramientas de soporte en los procesos de enseñanza/aprendizaje de temas relacionados con la GPO.

1.3 Preguntas de investigación.

1.3.1 Pregunta principal.

Se puede plantear la pregunta de investigación. ¿Cuál es la relación entre las variables causa y las variables efecto como el uso de las TIC y el nivel de enseñanza por parte de los docentes, metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes; variables efecto con variables efecto como el nivel de enseñanza por parte de los docentes y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes, nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes y el desarrollo y desempeño profesional.; por qué estas relaciones son tan significativas en el proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO y como estas relaciones afectan el proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO en ingeniería química?

1.3.2 Preguntas secundarias.

- ¿Cuál es la relación del uso de las TIC en el proceso de enseñanza/aprendizaje con la formación de futuros ingenieros preparados para el desempeño profesional?
- ¿Cómo las visitas industriales aportan al proceso pedagógico tanto por parte del docente como del estudiante?
- ¿Cuál debe ser el perfil profesional del docente para hacer parte del proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO para la carrera de ingeniería química?
- ¿Qué temáticas específicas deben hacer parte del proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO y como están deben ser contextualizadas en el ámbito local y global para la buena formación de ingenieros?
- ¿Por qué es importante establecer el paradigma de enseñanza/aprendizaje acorde con las TIC que aporte al proceso pedagógico y formación profesional de los ingenieros químicos con fuertes conocimientos en GPO y cual paradigma es el más acorde para fortalecer este proceso pedagógico?

1.4 Variables propuestas y su relación en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

Luego de hacer un estudio teórico preliminar, es necesario plantear algunas variables que pueden afectar los procesos de enseñanza/aprendizaje, para luego plantear un modelo de proceso formativo con las características encontradas

Las variables de la investigación deben ser identificadas y clasificadas tanto por tipo, categorías y dimensiones con el fin de transformar el concepto abstracto de la variable en un concepto medible, en las tablas 1-2 y 1-3 se presenta una clasificación preliminar de las variables a tratar en la investigación.

Tabla 1-2: Operacionalización de las variables causa.

	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	NIVEL DE MEDICIÓN
POSIBLES CAUSAS	Visitas Industriales	Cuantitativa /Cualitativa	Forma en como los estudiantes tienen contacto con las organizaciones empresariales e industriales donde adquieren experiencias y conocimientos.	-Número de visitas por tema visto. -Grado de complejidad del sistema industrial visitado.	-Razón o proporción . -Nominal.
	Uso de textos Guía	Cuantitativa /Cualitativa	Empleo de documentos guía para el seguimiento estructurado de las asignaturas.	-Número de textos guías empleados en el desarrollo de las asignaturas. -importancia de los textos usados	-Razón o proporción . -Nominal.
	Contexto. del conocimiento	Cualitativa	Forma en como los temas tratados son pertinentes con la realidad local y las expectativas y necesidades profesionales.	-importancia de los temas vistos con respecto a la realidad profesional	-Nominal.

Tabla 1-2: Operacionalización de las variables causa (continuación).

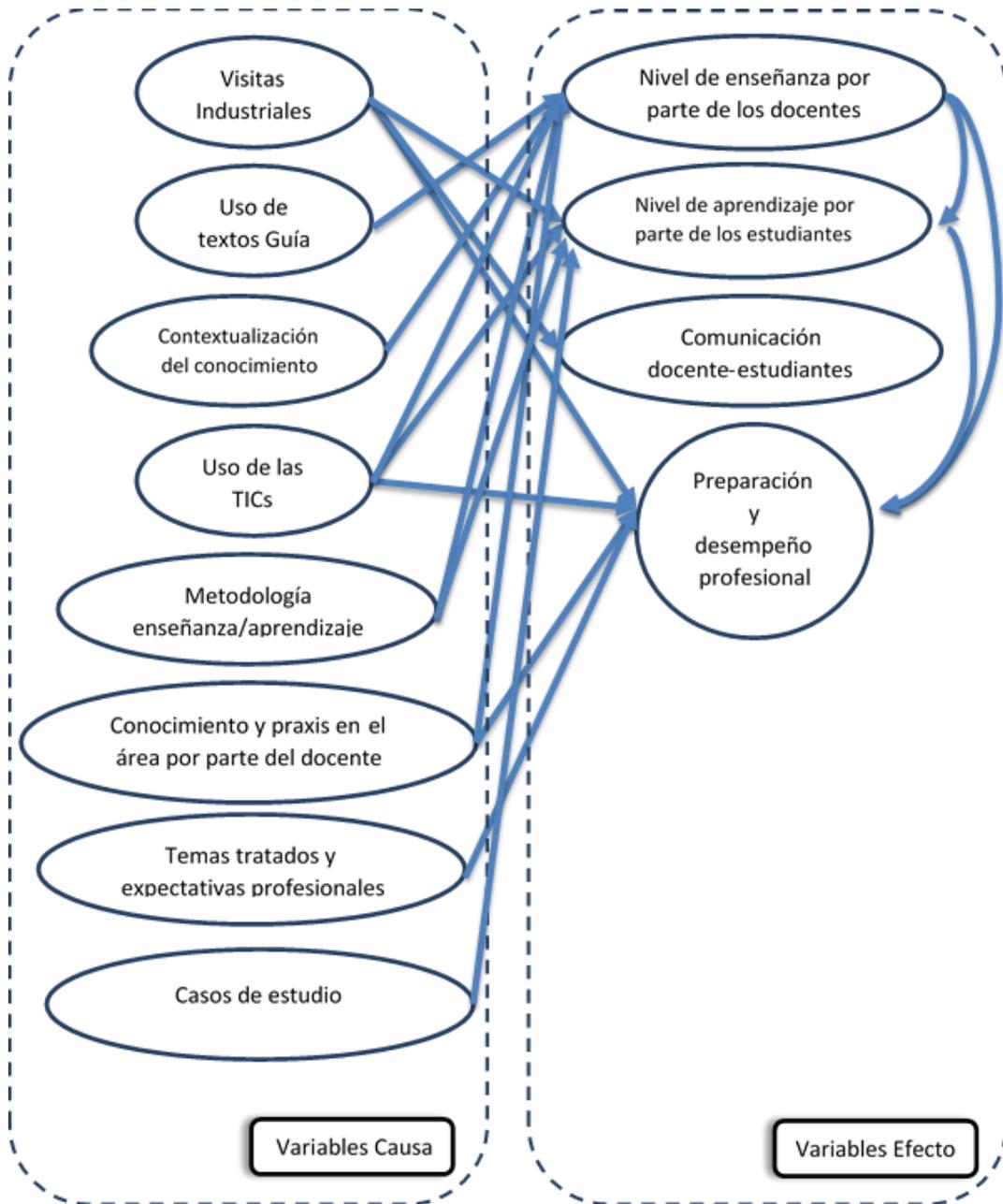
POSIBLES CAUSAS	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	NIVEL DE MEDICIÓN
	Uso de las TIC	Cualitativa Cuantitativa	Empleo de TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje.	-TIC empleadas en el proceso de enseñanza aprendizaje. -Pertinencia de las TIC empleadas en el contexto profesional.	-Nominal. -Razón o proporción .
	Metodología enseñanza-aprendizaje	Cualitativa	Plan estructurado para orientar la enseñanza.	-Pertinencia e importancia y eficacia de este en el proceso de enseñanza aprendizajes.	-Nominal.
	Conocimiento y praxis en el área por parte del docente	Cuantitativa	Formación teórica y práctica del docente incluyendo experiencia profesional en temas referentes a GPO.	-Años de experiencia por parte del docente en GPO -Escolaridad del docente en temas relacionados con GPO.	-Razón o proporción .
	Temas tratados y expectativas profesionales	Cualitativa	Hace referencia a la contextualización de los temas tratados con la realidad profesional y expectativas de los estudiantes.	-Evaluación de los temas tratados en el marco de la realidad profesional.	-Nominal.
	Casos de estudio	Cuantitativa /Cualitativa	Hace referencia a la cantidad de estudios reales como ejemplos en los temas vistos.	-Número de casos de estudio pertinentes vistos durante el curso. -Complejidad de los casos tratados	-Razón o proporción . -Nominal.

Tabla 1-3: Operacionalización de las variables efecto.

	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	OPERACIONALIZACIÓN	INDICADOR	NIVEL DE MEDICIÓN
POSIBLES EFECTOS	Nivel de enseñanza por parte de los docentes	Cuantitativa/Cualitativa	Hace referencia a las capacidades del docente para guiar a los estudiantes en su formación profesional.	-desempeño como facilitar del conocimiento.	-Razón o proporción · -Nominal.
	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes	Cuantitativa/Cualitativa	Conocimientos y habilidades adquiridas.	-Desempeño en las asignaturas.	-Razón o proporción · -Nominal.
	Comunicación docente-estudiantes	Cualitativa	Relación entre estudiante y docente.	-asesorías y charlas no formales para tratar temas de GPO.	-Nominal.
	Preparación y desempeño profesional	Cualitativa	Habilidades profesionales adquiridas y relación de estas con la realidad profesional.	- Conocimiento y acercamiento a la realidad profesional.	-Nominal.

Es necesario describir el problema de estudio en función de la relación de las variables causa con las variables efecto. Describir y proponer relaciones entre las variables es un proceso que ayuda a la formulación de hipótesis, objetivos y al desarrollo estructurado de la investigación. Este planteamiento de relaciones entre variables se puede ver en la figura 1-2.

Figura 1-2: Relación de variables causa y variables efecto propuestas.



1.5 Hipótesis.

- Cuando los temas tratados en las asignaturas de GPO se contextualizan con la actualidad profesional, aumenta el nivel de enseñanza por parte de los docentes pues los estudiantes se ven más receptivos.
- El uso constante de TIC aumenta el nivel de enseñanza por parte de los docentes.
- El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por el uso de las TIC constantemente.
- Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería.
- Cuando los temas tratados en clases de GPO y las expectativas profesionales son acordes con la realidad profesional se evidencia el aumento en la preparación y el desempeño profesional de los futuros ingenieros.
- Los casos de estudio son fundamentales para el buen desempeño de los estudiantes en su aprendizaje.
- El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por la capacidad y nivel de enseñanza de los docentes.

1.6 Objetivos.

1.6.1 Objetivo general.

Establecer las relaciones presentes entre las variables causa y las variables efecto del proceso de enseñanza/aprendizaje como el uso de las TIC y el nivel de enseñanza por parte de los docentes, metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes tal como se muestra en la figura 1-2, la importancia de estas relaciones en el proceso formativo, con el fin de plantear un modelo de soporte basado en TIC para el proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO en ingeniería química.

1.6.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar el marco teórico siguiendo el hilo conductor propuesto en la figura 2-1.
- Establecer las relaciones entre las variables causa y variables efecto descritas en la figura 1-2 y establecer la importancia de estas relaciones en el proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO.
- Explorar el uso de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje.
- Evaluar los paradigmas de la educación y seleccionar uno acorde con la realidad profesional y educativa en Ingeniería Química.
- Proponer un modelo de soporte basado en TIC para el proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO en ingeniería química.
- Evaluar la pertinencia de una asignatura que trate temas de GPO y plantear su currículo basando el proceso de enseñanza/aprendizaje en las TIC.

1.7 Resultados esperados.

Como resultado de la investigación se obtiene un modelo de soporte basado en TIC para el proceso de enseñanza/aprendizaje de ingeniería química, este modelo será validado con el programa de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales donde se evaluarán las relaciones entre las variables causa y las variables efecto, su pertinencia en los procesos educativos y finalmente se evaluará la pertinencia de una asignatura específica de GPO en ingeniería química la cual se presentará con su contenido detallado, temas a ver y objetivos a lograr.

1.8 Conclusiones parciales.

- La investigación preliminar evidencia la necesidad de abordar temas relacionados con la GPO por parte de los ingenieros químicos, esto se demuestra tanto por la cantidad de profesionales que cursan o han cursado posgrados relacionados con este tema, como la encuesta desarrollada y aplicada, en la cual entre muchas respuestas se destaca que el 93% de los estudiantes y egresados del programa de ingeniería química señalan importante abordar temas referentes a la GPO para aumentar su capacidad competitiva.
- Es primordial estructurar las investigaciones, establecer el objeto de estudio para así plantear los objetivos de dicho proceso. En la presente investigación se realizó una sistematización del problema donde se plantearon las posibles causas y las posibles consecuencias, se propusieron algunas variables causa y variables efecto y la relación entre ellas, para finalmente proponer los objetivos de la investigación. Este proceso estructurado ayudó a llevar la investigación a feliz término.

2 MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL.

En este capítulo se establecen las bases teóricas para la investigación. Se hace un recorrido bibliográfico siguiendo la figura 2-1 donde se es necesario pasar por el estado actual de la práctica y el estado del arte, y definir cada una de las particularidades para así llegar al objetivo general que es la construcción de un modelo de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la GPO basado en TIC aplicado a un programa de Ingeniería Química.

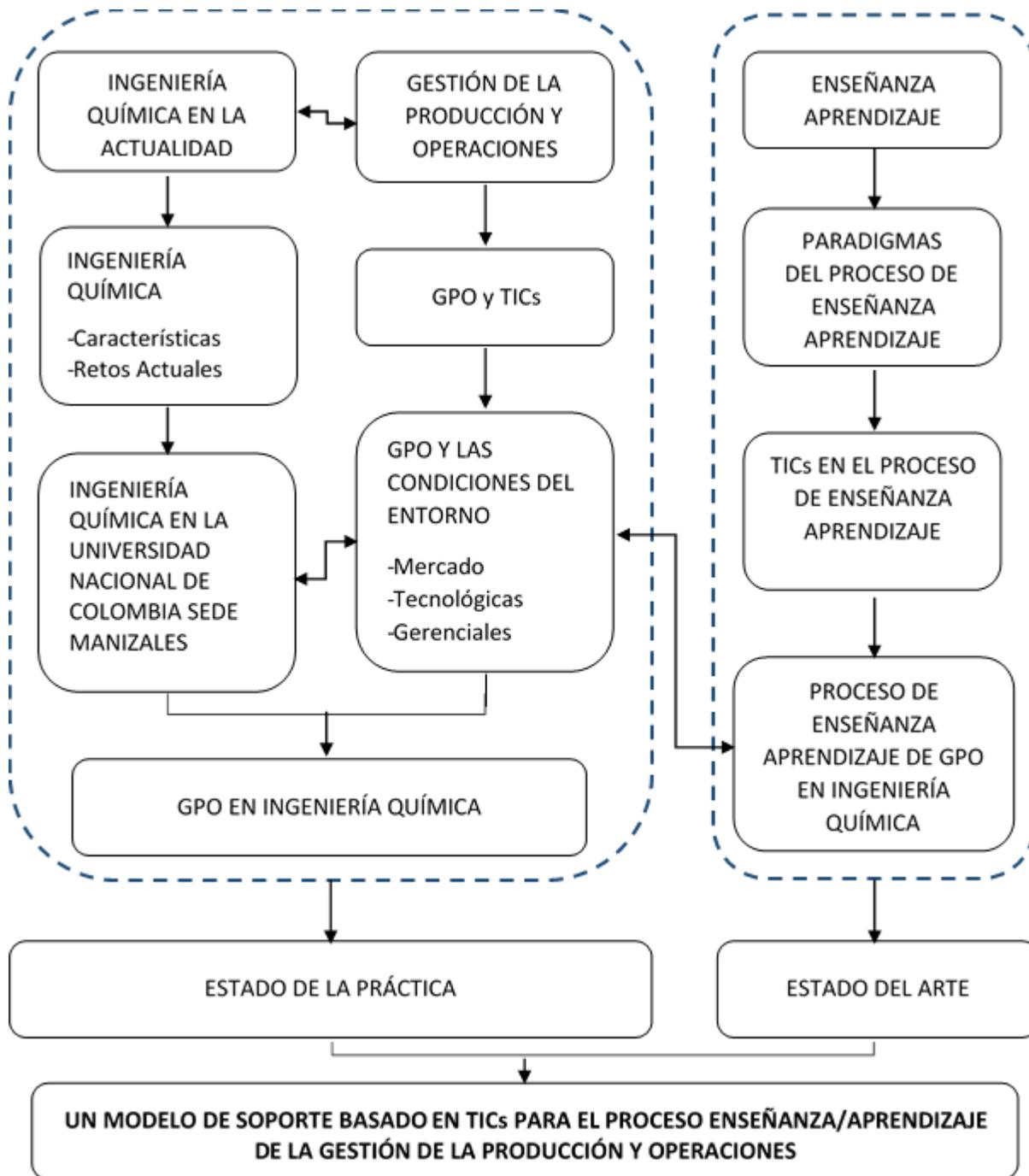
Como primer paso es necesario definir a la ingeniería química con sus objetivos y retos actuales, y su relación con la GPO. Seguidamente es necesario llegar al contexto local y explorar los retos de la ingeniería química en la realidad nacional, el uso de las TIC, los temas de GPO en estos programas y las dificultades que deben sortear los profesionales en la vida laboral y académica.

Luego es necesario abordar la GPO y los temas de los que esta se encarga, el papel de las TIC en la GPO, las condiciones del entorno y la relación con la ingeniería química particularmente en el uso de las TIC.

Inmediatamente de abordar los temas del estado de la práctica es necesario indagar el proceso de enseñanza/aprendizaje el cual hace parte del estado del arte explorando los paradigmas de este, el uso de las TIC y el proceso enfocado en GPO.

Los temas tratados en este capítulo son importantes para la comprensión, desarrollo y la contextualización del problema investigado.

Figura 2-1: Hilo conductor para la construcción del marco teórico referencial de la investigación



2.1 Ingeniería química.

Como primer paso es necesario dar una definición de la profesión de Ingeniería Química, para esto el Instituto Americano de Ingeniería Química (AIChE por sus siglas en inglés) la define como la profesión en la que se aplica el conocimiento de las Matemáticas, la Química y otras Ciencias Naturales obtenido mediante el estudio, la experiencia y la practica con el fin de desarrollar formas económicas de la utilización de materiales y energía para el beneficio de la humanidad [2].

Para el ejercicio de la profesión de Ingeniería Química en Colombia, el Congreso de la República de Colombia [17] en el Artículo 1 de la ley 18 de 1976, define la profesión como la aplicación de los conocimientos y medios de las Ciencias Físicas, Químicas y Matemáticas y de las Ingenierías, en el análisis, administración, dirección, supervisión y control de procesos en los cuales se efectúan cambios físicos, químicos y bioquímicos para transformar materias primas en productos elaborados o semielaborados, con excepción de los químicos-farmacéuticos, así como en el diseño, construcción, montaje de plantas y equipos para estos procesos, en toda entidad, Universidad, Laboratorio e Instituto de Investigación que necesite de éstos conocimientos y medios.

Los Ingenieros Químicos están involucrados en todas las actividades que se relacionen con el procesamiento de materias primas (de origen animal, vegetal o mineral) que tengan como fin obtener productos de mayor valor y utilidad. Por lo tanto pueden desarrollar sus actividades en estudios de factibilidad técnico-económica, especificación/diseño de equipos y procesos, construcción/montaje de equipos y plantas, control de producción/operación de plantas industriales, gerencia y administración, control de calidad de productos, compras y comercialización, ventas técnicas, control ambiental, investigación y desarrollo de productos y procesos, capacitación de recursos humanos [18].

2.1.1 Ingeniería química: retos y perspectivas.

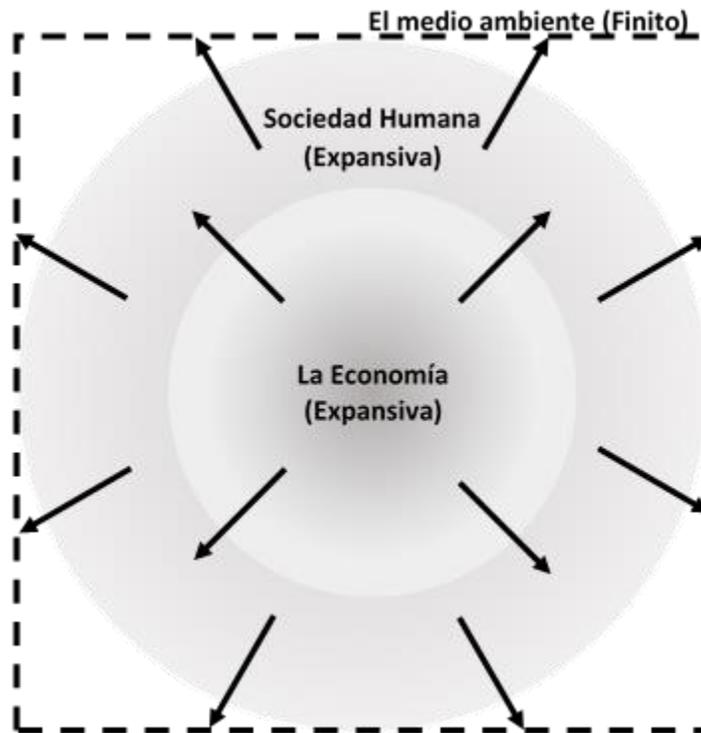
La sociedad se enfrenta a una serie de desafíos sin precedentes que emanan de la naturaleza insostenible del modelo de sociedad actual. Se requiere la creación de una nueva sociedad sostenible, adoptando esencialmente un enfoque basado en las necesidades generales y en el consumismo creciente. Si no se consigue, esto se traducirá en la destrucción generalizada de nuestro medio ambiente, seguido por el colapso inevitable de la sociedad tal como la conocemos, tanto social como económicamente [19].

La sostenibilidad constituye un nuevo paradigma de desarrollo que se basa en el reconocimiento de las limitaciones de recursos, la necesidad de la equidad intergeneracional y transgeneracional dentro de la sociedad humana y la necesidad de preservación de soportes de los sistemas naturales. Se ha desarrollado desde sus raíces en el siglo XX y se ha convertido en un principio rector para el desarrollo humano para el siglo XXI [20].

La tecnología por sí sola no es suficiente para afrontar los retos que ocupa a los ingenieros químicos; consideraciones ecológicas, sociales y económicas deben ser incorporados a través de enfoques multifacetas y multidisciplinarios. Dado que los ingenieros químicos tienen un conjunto básico de conceptos que son fundamentales para una sociedad sostenible, y porque los ingenieros en última instancia, ayudan a diseñar cualquier nueva sociedad, que tienen una responsabilidad moral y ética en su desarrollo; por lo tanto se requiere un nuevo paradigma en la ingeniería en el cual la sostenibilidad se convierte en el contexto de la práctica de la ingeniería. Para alcanzar esto, una sostenibilidad el carácter distintivo informado debe prevalecer en todas partes de planes de estudios de la ingeniería. Ambas instituciones profesionales y educadores tienen la responsabilidad de garantizar que esto ocurre sin demora [19].

La sociedad actual se está expandiendo a un mercado consumista en crecimiento. Esta característica de explotación ha dado lugar a un modelo de sociedad expansiva que ya no es sostenible en un mundo finito, cuyos límites se han alcanzado como lo muestra la figura 2-2 [19].

Figura 2-2: Modelo de tres esferas de dominios ambientales, sociales y económicos tomado de [19].



Se requiere cambiar a un modo de vida sostenible lo más pronto posible ya que nuestra especie debe ser consciente y seria del futuro en este rincón del universo [21]. Entre los retos que se enfrentan los ingenieros químicos en la sociedad actual se tienen: Retos ecológicos, Sociales y Económicos.

- **Retos Ecológicos.**

Los problemas de complejidad de la Ingeniería Química en aspectos ecológicos se puede dividir en dos grupos: las interacciones mutuas de muchos sistemas multi-escala y la falta de conciliación en los objetivos de diferentes disciplinas que tienen en cuenta los aspectos económicos, filosóficos, culturales y científicas y de ingeniería, respectivamente [22].

La sustentabilidad de corriente principal y la sustentabilidad medioambiental están basadas en innovaciones tecnológicas que hacen un mejor futuro. La sostenibilidad

medioambiental es específica para hacer frente a los riesgos de un futuro más pobre si se continúa el uso ilimitado de los recursos de la Tierra, y se basa además en el uso de los ciclos sistémicos para la renovación y la gestión de residuos para alcanzar la exigencia de que las industrias no agoten recursos [22].

El papel de los ingenieros y diseñadores a todas las escalas, molecular, productos, procesos y sistemas, es ir a lo central y esencial para así determinar qué es lo que el mañana querrá o necesitará. Un ingeniero químico, como el diseñador de productos y procesos tiene el papel principal en el diseño de procesos químicos que tengan el menor impacto en el ambiente [23].

Para esto, entre los retos de la ingeniería química en la ingeniería verde está el reciclaje, para esto [22] clasifican el reciclaje en diferentes tipos.

- Reciclaje de materiales usados, es el rejuvenecimiento de los materiales que se habían utilizado en la medida en que sus funciones se degradan, por ejemplo, la reconstrucción de hierro y acero y productos de neumáticos. Este había sido utilizado e industrializado en cierta medida desde el principio del siglo XX. No hay ninguna transformación en el nivel de molécula. Sólo hay cambios físicos realizados a piezas desgastadas que reconstruyen la estructura física que les permita recuperar las funciones originales.
- Reciclaje de desmontaje, es el reciclaje de maquinarias y mecanismos complejos al final de su vida útil mediante la separación de los materiales de diferente naturaleza. Un ejemplo de esto es el modo de reciclaje practicado en los aparatos electrodomésticos y la industria automotriz a partir de finales del siglo 20, donde los termoplásticos son moldeados y separados en material particulado los cuales se vuelven a utilizar, el cobre, la plata, el mercurio y otros metales se lixivian y se recuperan.
- Ciclo industrial ecológico es el ciclo donde los residuos de una industria alimentan a otra industria.

- El ciclo Industria-natural, es el ciclo de recursos que hace uso de un acoplamiento de ciclos de la ecología industrial y ciclos ecológicos naturales. Esta es una forma de reciclaje que está en desarrollo. Un ejemplo esperanzador es que las emisiones de CO₂ para ser utilizado por árboles de crecimiento rápido modificados genéticamente y especies de algas de alto para producir la biomasa que puede ser industrialmente transformada en bio-aceite.

Durante la fabricación, el suministro, uso y eliminación de productos estructurados tanto por clientes industriales como domésticos, es vital que se preste atención a la sostenibilidad. El siguiente listado son algunos retos que deben abordarse [24].

- La formulación del producto debe ser escogida para minimizar la cantidad de materia prima. Las fuentes renovables deben ser usadas cuando sea apropiado.
- La demanda de energía del proceso y las emisiones (incluidas las procedentes de la limpieza) son factores que deben ser reducidos.
- Las emisiones por transporte deben ser minimizadas en el movimiento del producto a través de la cadena de suministro hasta el usuario final.
- El uso de empaques a través de la cadena de suministro debe ser minimizado.
- Cualquier daño al medioambiente durante el uso del producto y su disposición final debe ser reducido.

- **Retos Sociales.**

La ciencia y la tecnología constituyen los pilares de la ingeniería. Sin embargo, la percepción pública de la ciencia y de la tecnología resulta ambivalente. La proliferación de mensajes contrapuestos de tipo optimistas y catastróficos, en torno al papel de estos saberes en las sociedades actuales, ha llevado a que muchas personas no tengan muy claro qué es la ciencia y qué es la tecnología y cuáles son sus respectivos roles en la sociedad [25].

Según [26] La concepción clásica de las relaciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad, es una concepción triunfalista, según la cual unas personas “especiales” producen ciencia, cuyas aplicaciones tecnológicas traen consigo desarrollo y automáticamente sobreviene el bienestar social. Pero el mundo ha sido testigo de una sucesión de desastres relacionados con la ciencia y la tecnología, incrementados desde la segunda Guerra Mundial: Vertidos de residuos contaminantes, accidentes nucleares, envenenamientos farmacéuticos, derramamientos de petróleo, etc. Todo esto confirma la necesidad de revisar la política científico-tecnológica y su relación con la sociedad, y desde luego, da lugar a la reflexión los procesos de formación del talento humano.

Se resalta que en los retos sociales, la sostenibilidad y la protección del medio ambiente serán los retos aún más importantes para la industria de procesos. Muchas de las materias primas utilizadas, especialmente los derivados de petróleo, gas, y algunas plantas y animales se han reducido, y en algunos casos se siguen reduciendo a un ritmo bastante grande en comparación con las reservas conocidas, o más rápido que la capacidad de recuperación. Además, por la misma naturaleza de la química, siempre hay contaminantes en las materias primas, las materias que reaccionan incompletamente, productos secundarios inevitables, o catalizadores y disolventes que producen residuos gastados. Estos retos también se aplican a la producción de la energía de los combustibles producidos por o consumidos por las industrias de transformación. Otra preocupación que ha recibido recientemente una gran atención es los posibles efectos perjudiciales de las emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera. Estimaciones recientes indican que el nivel de dióxido de carbono en la atmósfera ha aumentado en un tercio desde el inicio de la era industrial, y que contribuye en la actualidad alrededor del 73 % al potencial de calentamiento global. Por último, otra preocupación es la gestión del agua, que se espera se convierta en un problema importante en este siglo [27].

- **Retos Económicos.**

La industria de procesos químicos es muy importante en temas económicos y sociales. La globalización de la industria ha abierto nuevos mercados. Aunque esto potencialmente ha ayudado a incrementar los estándares de vida a través del mundo, la globalización también tiene como resultado el crecimiento de la competencia a nivel mundial. Además, la introducción del comercio electrónico está produciendo una mayor eficiencia del mercado, mientras que al mismo tiempo se reduce considerablemente los márgenes de beneficio. Además de esos retos el incremento de la demanda de los inversionistas requiriendo el crecimiento de los ingresos predecibles a pesar del comportamiento cíclico inherente a la mayoría de las industrias químicas, que tiende a ser intensiva en capital [27]. El desarrollo sustentable y la integración con bio-refinerías son conceptos modernos en la ingeniería química e ingeniería biológica para el desarrollo económico y sustentable de todos los países [28].

La ingeniería de procesos y la Ingeniería química han estado tradicionalmente concentrado en el entendimiento y el desarrollo de procedimientos sistemáticos para el diseño, control y operación de procesos químicos. En la actualidad estas ingenierías han ampliado su alcance mediante el uso del concepto de “cadena de suministro química”. La cadena de suministro comienza a nivel molecular con los compuestos y sustancias químicas que serán descubiertas o sintetizadas. Consecuentemente se agregan las moléculas en los clústers donde finalmente toman forma mezclas macroscópicas. El siguiente paso es el diseño y análisis de las unidades de producción que deben estar integradas en un diagrama de flujo del proceso. Por último, este proceso se convierte en parte de un proceso mayor el cual se conecta con proveedores, almacenes y centros de distribución lo que define en última instancia a una empresa comercial [27].

2.1.2 Ingeniería química en la universidad nacional de Colombia sede Manizales [29].

El programa de pregrado en Ingeniería Química de la universidad Nacional de Colombia sede Manizales fue creado en 1970. Hoy tiene 19 profesores, 384 estudiantes con un promedio de 51 estudiantes graduados por año en los últimos 10 años. Posee grupos de investigación en las áreas de procesos químicos, catalíticos y biotecnológicos; intensificación de procesos, ingeniería ambiental, y ciencia y tecnología de alimentos. El programa está acreditado por el Consejo Nacional de Acreditación (CNA).

- **Perfil del Aspirante y del Egresado.**

- **Aspirante.**

El aspirante a la carrera de Ingeniería Química debe haber presentado las siguientes aptitudes en sus estudios de secundaria:

- Comprensión e interés por la física, la química, las matemáticas y las ciencias en general.
- Aptitud matemática y razonamiento abstracto.
- Capacidad para establecer adecuadas relaciones interpersonales.
- Alto sentido de responsabilidad y ética.
- Actitud hacia la investigación.

- **Egresado.**

El Ingeniero Químico tiene conocimiento de los procesos de transformación de la materia y la energía, por lo que encuentra su campo de acción en la industria alimentaria y de productos e insumos agrícolas, petroquímica, carboquímica, metalúrgica, electroquímica, textilera, polimérica, papelera, cerámica, cervecera, entre muchas otras.

El Ingeniero Químico es requerido para el desarrollo de actividades de planeación, dirección técnica, administración e investigación en casi todos los tipos de empresas industriales, tanto oficiales como privadas; en el campo industrial, participa en el diseño, montaje, construcción y puesta en marcha de instalaciones y fábricas, al igual que en la supervisión y el control de la operación y funcionamiento de los equipos; determina los métodos para garantizar la calidad de los productos, así como la información técnica sobre

la utilización de los mismos; en el campo administrativo participa en la dirección y administración de las empresas industriales o de sus secciones técnicas; en el campo investigativo participa en el desarrollo de nuevos métodos de producción, así como en la obtención de nuevos productos e, igualmente, analiza el aspecto económico y de factibilidad de los proyectos; en el campo docente puede impartir capacitación en las aplicaciones y conocimientos propios de su profesión e intervenir en la realización de proyectos investigativos, tanto a nivel básico como aplicado.

- **Objeto de Estudio.**

La Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales forma Ingenieros Químicos provistos de sólidos conocimientos en las ciencias físicas, químicas, matemáticas y de la ingeniería, y fomenta las aptitudes investigativas, el liderazgo y la responsabilidad social, para que los egresados están en capacidad de:

- Desarrollar, seleccionar, adaptar, administrar y controlar procesos, plantas y equipos, en los cuales se efectúen cambios físicos, químicos o bioquímicos, para transformar materias primas en productos elaborados o semielaborados, que satisfagan con seguridad y responsabilidad necesidades industriales y humanas en general.
- Estudiar la factibilidad de los diferentes métodos de producción, procesos químicos y proyectos industriales, buscando en todo caso el mínimo impacto en el medio ambiente.
- Investigar y analizar el desarrollo, la aplicación y el impacto de nuevos productos y métodos de producción, así como la modificación de los ya existentes.
- Participar en la administración, dirección y generación de empresas industriales.

- **Componente Flexible.**

El estudiante podrá escoger una línea optativa de profundización, es decir, un conjunto de asignaturas, que sin implicar especialización promueven la apropiación y aplicación de los conocimientos en un área específica, con miras a que adquiera la capacidad de transferir esa experiencia de profundización a otros campos.

En este sentido el programa curricular ofrece:

- Ingeniería Ambiental.
- Procesos Químicos, Catalíticos y Biológicos.
- Ciencia y Tecnología de los Alimentos.
- Intensificación de Procesos.
- Polímeros

2.2 Gestión de la producción y operaciones (GPO).

Ahora abordando el tema de la GPO, este está referido a la administración de los recursos productivos de la organización. Esta área se encarga de la planificación, organización, dirección, control y mejora de los sistemas que producen bienes y servicios.

La GPO busca continuamente la construcción y sostenibilidad de las capacidades competitivas en la unidad empresarial, implica la comprensión del rol de todas las funciones organizacionales y en especial la producción como un sistema estratégico dentro de la empresa, y su contribución para enfrentar los actuales condicionamientos del entorno, que definen: un nuevo patrón de mercado centrado en una mayor selectividad de los mercados y en la presión de estos por la protección del medio ambiente, y una mejor estructura de precios en los productos y servicios sin detrimento de la calidad. Un nuevo patrón tecnológico fundamentado en los desarrollos de la automatización, las telecomunicaciones y las tecnologías de la información. Un nuevo patrón gerencial en el que metodologías y técnicas como el justo a tiempo (JIT), la reingeniería, el benchmarking, el outsourcing, la teoría de restricciones (TOC), entre otras, están orientando las decisiones estratégicas de la empresa [30].

Resulta significativa la importancia que la GPO ha cobrado en las últimas décadas al constituirse en una sólida fuente de ventajas competitivas para la empresa. Los nuevos desarrollos en esta área han provocado cambios vitales en dicha función empresarial, demandándose con mayor frecuencia profesionales con conocimientos adecuados, tanto en el sector industrial como en el sector servicios [1].

Dado que la GPO constituye un elemento fundamental en dirección de empresas, y por tanto, es enseñada tanto en las escuelas de negocios como en las de Ingeniería, el estudio de sus mejores métodos docentes se convierte en una necesidad para alcanzar el objetivo de su enseñanza. Por otro lado, la importancia de la disciplina y su carácter científico hacen que también sea necesario mejorar continuamente la metodología de investigación aplicada [31].

En el área de GPO, se ha destacado la necesidad de un acercamiento entre el mundo académico y el profesional, reclamando la realización de estudios empíricos que aporten soluciones prácticas a los profesionales. De ahí que durante los últimos años se hayan producido dos fenómenos clave: la convergencia entre los temas objeto de investigación y los temas de interés para las empresas; y un aumento en el número de estudios empíricos realizados. Ahora bien, otro factor importante a la hora de aportar conocimientos prácticos a la disciplina es la herramienta o metodología aplicada. Por ello, el desarrollo de nuevas herramientas o la aplicación de otras ya existentes en otros campos es un tema interesante [32]. Se hace necesario que las metodologías de enseñanza/aprendizaje se adapten a las realidades actuales y se encaminen en un proceso evolutivo que le entregue al estudiante las capacidades para desarrollarse plenamente en el ejercicio profesional.

Para [33] la GPO es la clave para asegurar el éxito empresarial, también señala que esta se puede definir como el conjunto de herramientas administrativas cuyo fin es maximizar los niveles de productividad de una empresa. Por esta razón la GPO se centra en la planificación y control para obtener productos de calidad. Coincidiendo con la definición de GPO de diferentes autores como [30].

Para [34] La GPO se refiere a las actividades que se relacionan con las creaciones de los bienes y servicios a través de la transformación de entradas a salidas. [34] También expresa 10 áreas de decisión que aborda la GPO, entre ellas se encuentra el diseño de procesos, diseño de capacidad, distribución de planta, SCM, diseño de productos, entre otras. [35] Señalan que “La administración de operaciones está relacionada con la planeación y control de un proceso de conversión. Incluyen la adquisición de insumos y luego la verificación de sus transformaciones en productos y servicios deseados por los clientes...”.

[33] Define como objetivo primario de la GPO la producción de un bien específico a costos y tiempo mínimo. [36] Señala que las dimensiones básicas en las que una empresa puede enfocar su sistema de producción son: bajos costos de producción, mejores tiempos de entrega, mejor calidad de los productos y servicios y la innovación y flexibilidad de los procesos.

[33] También propone el direccionamiento de los alcances de la GPO, entre estos alcances se encuentra la administración de las operaciones y competencia global, estrategias para el desarrollo de la capacidad, ubicación y distribución de plantas entre otras.

[37] Señala que varios factores han influenciado en la evolución de la GPO, En un principio los productos eran personalizados, artesanales; para lo cual se necesitaba un mayor tiempo de respuesta. Luego llegó la segunda guerra mundial y la demanda de productos aumentó, las empresas se vieron obligadas a estandarizar productos y procesos, con el fin de cumplir con las necesidades del mercado. Luego los clientes comenzaron a exigir productos de mayor calidad a menor precio, las empresas para hacer frente a estas necesidades desarrollaron estrategias de producción tales como los sistemas JIT y TQM.

Para [38], otros acontecimientos globales han fomentado la evolución de la GPO como se muestra en la figura 2-3.

Figura 2-3: Acontecimientos que impulsaron la evolución de la GPO (elaboración propia basada en [37]).

Revolución Industrial.

- la sustitución generalizada de la fuerza humana, animal e hidráulica por máquinas.
- el establecimiento del sistema de fábrica.

División del trabajo.

- la especialización del trabajador incrementa la producción.

La Estandarización de partes intercambiables.

- En 1913 Henry Ford, combinó las enseñanzas Taylor con los conceptos de Especialización del trabajo y partes intercambiables para diseñar la primera línea de montaje móvil.

Administración científica.

- Se buscó descubrir el mejor método para trabajar utilizando un enfoque científico.

Movimiento de las relaciones humanas.

- Se realizaon estudios donde se indicó que la motivación de los trabajadores, junto con el ambiente de trabajo físico y técnico, forma un elemento crucial para mejorar la productividad.

Desarrollo de los modelos de toma de decisiones.

- Ante el aumento del tamaño y la complejidad de las fábricas fue necesario introducir instrumentos sofisticados de toma de decisiones. Nace la IO.

Impacto del Computador.

- El grandioso incremento de la capacidad de procesar datos contribuyó al desarrollo de instrumentos y técnicas como la Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP) y el Método de la Ruta Critica (CPM).

La era de producción flexible.

- El mejoramiento continuo de los productos y los procesos garantizab una calidad y precios razonables.

Como lo expresa [38], La GPO presenta una transformación y evolución continua, convirtiéndola en un área de gran interés tanto para las empresas como para los investigadores.

Esta evolución de la GPO se ve reflejada en los temas específicos de interés de los investigadores. [39] Muestran como la investigación ha pasado por diferentes etapas, donde en los 60s y 70s se investigaba sobre programación de la producción, colas y cuellos de botella, inventarios y solución de problemas entre otros temas. Ya en los 80s se introduce fuertemente la investigación en sistemas flexibles sin dejar atrás los otros temas de interés. Ya en los 90s y en la primera década del siglo XXI, gracias a la masificación de los computadores, se comienzan a investigar en otros temas y herramientas basadas en TIC tales como algoritmos para la solución de problemas, SCM, algoritmos genéticos, redes neuronales, herramientas de soporte para la toma de decisiones entre otros.

[37] En su estudio encontraron algunos factores emergentes en la evolución de la GPO entre los cuales se encuentran las estrategias de productividad y competitividad, la administración de la demanda, la planeación y el control de la producción, SCM, gestión de proyectos, ERP, logística y la gestión del recurso humano entre otros temas relevantes.

2.3 TIC.

Como lo expresan [40], las TIC en los últimos 20 años han tenido un gran avance tanto en su desarrollo como en la difusión, a tal punto que muchos de estos servicios ahora hacen parte de la vida cotidiana de muchos ciudadanos.

[41] Define a las TIC como las estrategias y habilidades que se deben manejar en la sociedad del conocimiento tales como la capacidad de búsqueda, selección y análisis de la información. Adicionalmente hace referencia a los recursos relacionados con tres tecnologías básicas: las tecnologías de imagen y sonido, la informática y las comunicaciones.

Otra definición muy acertada es la que propone [42] "Nos referimos a ellas (las TIC) como una serie de nuevos medios que van desde los hipertextos, los multimedia, Internet, la realidad virtual, o la televisión por satélite. Una característica común que las definen es que estas nuevas tecnologías giran de manera interactiva en torno a las telecomunicaciones, la informática y los audiovisuales y su combinación, como son los multimedia [...]. En la actualidad, cuando hablamos de nuevas tecnologías, lo primero que

se nos viene a la mente son las redes informáticas, que permiten que al interactuar los ordenadores unos con otros amplíen la potencia y funcionalidad que tienen de forma individual, permitiendo no sólo procesar información almacenada en soportes físicos, sino también acceder a recursos y servicios prestados por ordenadores situados en lugares remotos [...] Las nuevas tecnologías vendrían a diferenciarse de las tradicionales, en las posibilidades de creación de nuevos entornos comunicativos y expresivos que facilitan a los receptores la posibilidad de desarrollar nuevas experiencias formativas, expresivas y educativas".

Muchos autores coinciden en la definición, [43] señala que las TIC consisten en software, hardware, redes y medios de comunicación para la recolección, almacenamiento, procesamiento, transmisión y presentación de la información.

Ya en el contexto colombiano, [44] define a las TIC como el conjunto de recursos, herramientas, equipos, programas informáticos, aplicaciones, redes y medios, que permiten la compilación, procesamiento, almacenamiento, transmisión de información como: voz, datos, texto, vídeo e imágenes.

En un estudio realizado por [45] señala las herramientas más comunes que ejemplifican las TIC tales como se expresa en la tabla 2-1.

Tabla 2-1: Herramientas más comunes que ejemplifican las TIC.

Herramienta	Dispositivo
Herramientas de comunicación.	Redes de computación
Sistema integrado.	Instrumentos de comunicación electrónica existentes como son la radio, la televisión, el teléfono.
Los medios propios de las telecomunicaciones.	Serie de nuevos medios que van desde los hipertextos, Internet, la realidad virtual, o la televisión por satélite.

[5] Muestran un análisis de cómo se están incorporando las TIC a la enseñanza universitaria, como objetivo buscaron determinar los factores que limitan y favorecen dicha incorporación y estudiar el uso de las TIC en la enseñanza de Dirección y Gestión de la Producción/Operaciones en la universidad española. Entre las conclusiones a las que llegaron, se tiene que la sociedad actual demanda métodos e instrumentos que permitan una formación continua, flexible y de calidad. En este contexto, las TIC abren todo un campo de posibilidades en el mundo de la formación universitaria que los docentes no podemos ignorar. No obstante, la adaptación de la misma a esta nueva realidad no es en modo alguna inmediata, siendo aún muchos los obstáculos y limitaciones que deben superarse.

En cuanto a la educación, [15] Formulan algunas ventajas de las TIC.

- Revisión y suministro de productos: Presentación de ideas, procesos y actividades que son difíciles y / o imposible sin la tecnología. Por ejemplo, la tecnología podría proporcionar algunos de los procesos de enseñanza con facilidad y en plazos más cortos de tiempo a través de la simulación [15].
- Acceso a la información: Aprendices pueden tener facilidades para el acceso a alguna información a través de diferentes tecnologías como el internet que en el pasado no era posible de ninguna forma. Es importante tener acceso a la información por dos razones. Primero esto hace posible el estudio de temas interesantes y la motivación de los estudiantes y segundo provee contenido importante para las escuelas que dependen de recursos fuera de contexto o anticuados [15].
- Mayor variedad y cambios: Entre los beneficios de la tecnología se cuenta con la creación de cambios en el proceso de aprendizaje. Entre los cambios mencionados, se hace más sencillo el proceso de aprendizaje, disminución de tiempos y limitaciones de espacio, acelera el tiempo de análisis de datos, entre otros [15].
- Cooperación: cooperación en grupos y actividades científicas de aprendizaje, Estudiantes pueden recopilar gran cantidad de información a través de la

cooperación y suministrarla a la clase. Docente es capaz de recoger y clasificar la información y ofrecer los resultados de la clase [15].

- Proporcionar nueva posición educativa: las TIC proporcionarán una nueva realidad para los estudiantes en la que el docente puede proporcionar más conceptos en ambas formas prácticas e imaginarias para los estudiantes. El elemento más importante es la imaginación y la inteligencia mental del estudiante, además del habla y la inteligencia auditiva [15].

Es de destacar que, para alcanzar el desarrollo deseado, las instituciones deben fomentar la adopción de los mejores métodos de enseñanza, incluyendo el uso de ordenadores y redes telemáticas en aquellos casos en los que se considere apropiado para la consecución de los objetivos formativos que se persigan. Además, hasta que problemas tales como la disponibilidad de equipos informáticos y software adecuados o de suficiente personal de apoyo no sean solucionados, las dificultades seguirán perdurando [5].

En el caso de América Latina, en diferentes campos y áreas se han estado adelantando esfuerzos interesantes que buscan concientizar a la población acerca de esta nueva etapa de la civilización como es el uso de las TIC. Lastimosamente, dichos esfuerzos en el campo educativo no han tenido la trascendencia suficiente para llevar a toda la población a un estado ideal. Actualmente, nos encontramos en una posición inequitativa e inestable, salpicada de mucha confusión, producto de la escasa infraestructura y capacidad económica y de la insuficiente forma de preparación (basadas generalmente en modelos extranjeros) [6].

Para un país del estado de desarrollo de Colombia, la apropiación de las TIC en procesos de aprendizaje no formal y formal, presencial, y virtual, en ambientes colaborativos horizontales, es una de las llaves para adquirir ventajas competitivas basadas en el conocimiento, que permitan mejorar la calidad de vida y la productividad de sus regiones y ciudades [6].

Las innovaciones tecnológicas de las últimas décadas han llevado a la digitalización e interconexión del mundo fomentando la sociedad del conocimiento. Los cambios que traen las nuevas tecnologías afectan a la sociedad de forma tan profunda que los que no se preparen para afrontar estos cambios estarán en gran desventaja en un futuro no muy lejano. En la educación implica, entre otros, aprender a ser creativo y flexible, a procesar la abrumadora cantidad de información disponible y a colaborar en proyectos complejos. Las nuevas tecnologías no solamente generan los cambios sino que nos sirven para adaptarnos a los mismos [6].

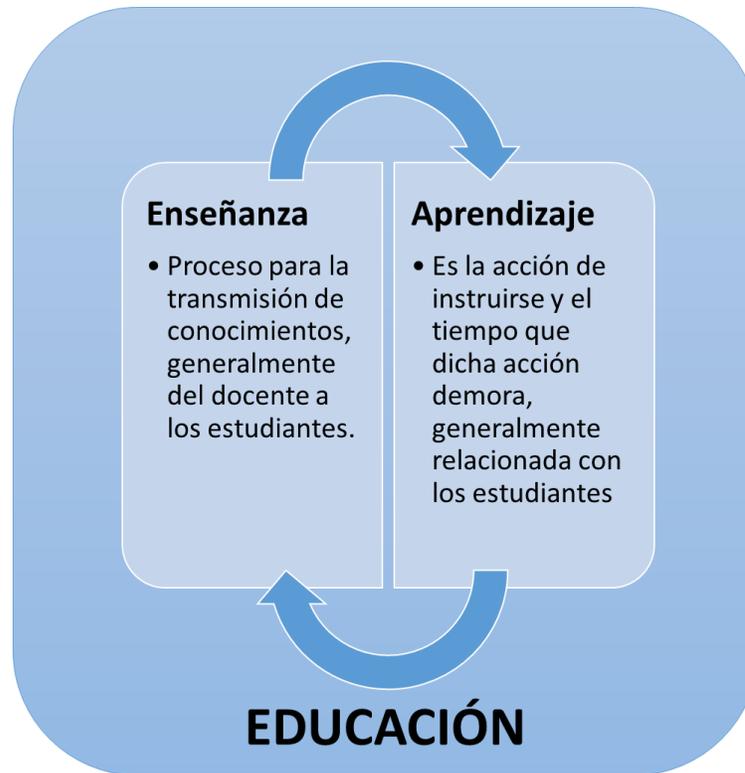
2.4 El proceso de educación y de Enseñanza/Aprendizaje.

En cuanto al proceso de educación, [46] lo define como todo el conjunto de conocimientos y métodos por los cuales se ayuda al individuo a mejorar sus facultades intelectuales, morales y físicas. Es el método por el cual el hombre se forma como persona. La figura 2-4 muestra la relación entre enseñanza/aprendizaje y educación.

Para [47] la educación es el proceso mediante el cual se transmiten conocimientos, valores y formas de actuar, es un proceso multidireccional entre los sujetos involucrados. Es el Proceso de socialización formal de los individuos en la sociedad.

La educación está compuesta por dos pilares, la enseñanza, el aprendizaje y su relación. Se puede decir que la enseñanza es el proceso de transmisión de una serie de conocimientos, técnicas, y habilidades. Como lo expresa [46], la enseñanza es el conjunto de acciones secuenciales del profesor que tienden a provocar modificaciones en los educandos y todo esto en función de los objetivos propuestos. No hay un método de enseñanza universal, la elección del método depende de muchas condiciones existentes en el aprendizaje.

Figura 2-4: Relación entre enseñanza, aprendizaje y educación, elaboración propia basados en [46].



Ahora bien, el aprendizaje según [46] se puede definir como el proceso una persona es entrenada para dar solución a diferentes situaciones, este mecanismo de entrenamiento va desde la adquisición de datos hasta la forma compleja en que la información es organizada. Es un proceso que produce cambios, el aprendizaje Enriquece las expectativas, las capacidades operativas, acumula experiencias o extraer información del ambiente. En el proceso de aprendizaje intervienen dos actores importantes: el alumno quien recibe la información y el docente quien es el facilitador de dicha información y propicia el aprendizaje. El aprendizaje a través de la comunicación con los semejantes y de la transmisión deliberada de pautas, técnicas, valores y recuerdos es proceso necesario para llegar a adquirir la plena estatura humana [4].

“Se considerará que existe un proceso de enseñanza-aprendizaje cuando hay una interacción profesor-alumno en la cual, el profesor imparte enseñanza utilizando algún

método y el alumno aprende, adquiere conocimientos, experiencia y aptitudes. Este proceso tendrá las características propias de la teoría del aprendizaje en la que se fundamente y permitirá el logro de los objetivos propuestos por el docente, en cuanto a lo que desea que los alumnos aprendan, y por el alumno, en cuanto a lo que estos desean aprender” [46].

Entre los temas importantes referentes a las TIC y los procesos de enseñanza/aprendizaje se tiene la didáctica digital y la innovación educativa.

Didáctica digital: se entiende en función de todos aquellos aspectos metodológicos que intentan integrar curricularmente las TIC en los procesos tanto de enseñanza como de aprendizaje, especialmente las estrategias y experiencias exitosas con uso de tecnología que estimulan y potencian el aprendizaje, ya sea autónomo o colaborativo en los estudiantes [41].

La Innovación Educativa conceptualmente se define como la acción permanente realizada mediante la investigación para buscar nuevas soluciones a los problemas planteados en el ámbito educativo [41].

En [48] se afirma que el aprendizaje se produce intencionalmente en un entorno de instrucción formal e incidentalmente a través de la experiencia, y aprovechando estos dos entornos se puede crear un espacio donde tanto el entorno instruccional se entrelace con el entorno de la experimentación facilitado por las TIC basando la metodología en estas y así aportar al proceso de enseñanza/aprendizaje especialmente en temas relacionados con la GPO.

2.4.1 Algunos paradigmas del proceso de Enseñanza/Aprendizaje.

Es necesario explorar los paradigmas de la educación los cuales son un conjunto de conocimientos que forman la visión del mundo, según Thomas Khun: "cada paradigma delimita el campo de los problemas que pueden plantearse, con tal fuerza que aquellos que caen fuera del campo de aplicación del paradigma ni siquiera se advierten".

Cada uno de los paradigmas que tienen una presencia significativa en el ámbito de la educación, han hecho posible el surgimiento de explicaciones y de instrumentos metodológicos y tecnológicos para abordar tales procesos desde diferentes dimensiones. Entre los paradigmas de la educación tenemos el paradigma conductista, crítico social, cognitivo, constructivista, positivista e interpretativo.

El paradigma conductista tiene como idea principal el estudio del aprendizaje enfocado en fenómenos observables y medibles. Relación estímulo-respuesta, entre las aportaciones de esta teoría se encuentra la asignación de las calificaciones. Sus inicios se remontan a las primeras décadas del siglo XX y su fundador fue J. B. Watson y como base de esta teoría se pueden encontrar trabajos de Pávlov y Thorndike [49].

Por otro lado se tiene el paradigma crítico-social específica que el papel de la interacción social con los otros tiene importancia fundamental para el desarrollo cognitivo, afectivo del estudiante, además las relaciones sociales, la mediación a través de instrumentos (físicos y psicológicos como el lenguaje, escritura, libros, computadores, entre otros) permite el desarrollo del estudiante. El estudiante debe ser entendido como un ser social que es producto y protagonista de muchas interacciones sociales que lo involucran a lo largo de su vida académica. Este paradigma fue desarrollado por L. S. Vigotsky a partir de la década de 1920 [49].

La teoría cognitiva reconoce la importancia de como las personas organizan, filtran, codifican, categorizan y evalúan la información y como estas estructuras mentales son empleadas para acceder e interpretar la realidad, reconoce que cada individuo tendrá diferentes representaciones del mundo y esto dependerá de los propios esquemas y de su interacción con la realidad. Esta teoría surge a comienzos de 1960 y se presenta como la teoría que ha de sustituir a las perspectivas conductistas. Para la conformación de este paradigma han influido autores como Piaget, Ausubel Gestalt, Bruner y algunas aportaciones de Vygotsky [49].

El paradigma constructivista sostiene que el aprendizaje debe ser esencialmente activo, cada nueva información es asimilada y depositada en una red de conocimientos y

experiencias que existen previamente en el sujeto. El aprendizaje no es un asunto de transmisión y acumulación de conocimiento sino un proceso activo por parte del estudiante que ensambla, extiende, restaura e interpreta, y por tanto construye conocimientos partiendo de su experiencia e integrándola con la información que recibe. El constructivismo es una posición compartida por diferentes tendencias de la investigación psicológica y educativa. Entre ellas se encuentran las teorías de Piaget, Vygotsky, Ausubel, Bruner y aunque ninguno de ellos se denominó como constructivista sus ideas y propuestas claramente ilustran las ideas de esta corriente [49].

El paradigma positivista dice que hay una realidad accesible al sujeto mediante la experiencia. El positivismo supone la existencia independiente de la realidad con respecto al ser humano que la conoce. Lo que es dado a los sentidos puede ser considerado real. Sus inicios se sitúan en Auguste Comte [49].

La teoría interpretativa constituye una reflexión en y desde la praxis. La realidad está constituida no sólo por hechos observables y externos, sino también por significados, simbólicos e interpretaciones elaboradas por el sujeto a través de la interacción con los demás. No está fragmentada. Sus inicios se sitúan en la escuela alemana con Dilthey, Husserl, Baden, Schutz, Luckman entre otros [49].

Los paradigmas de enseñanza aprendizaje han sufrido transformaciones significativas en las últimas décadas, lo que ha permitido evolucionar, por una parte, de modelos educativos centrados en la enseñanza a modelos dirigidos al aprendizaje, y por otra, al cambio en los perfiles de maestros y estudiantes, en éste sentido, los nuevos modelos educativos demandan que los docentes transformen su rol de expositores del conocimiento al de monitores del aprendizaje, y los estudiantes, de espectadores del proceso de enseñanza, al de integrantes participativos, propositivos y críticos en la construcción de su propio conocimiento. Asimismo el estudio y generación de innovaciones en el ámbito de las estrategias de enseñanza/aprendizaje, se constituyen como líneas prioritarias de investigación para transformar el acervo de conocimiento de las Ciencias de la Educación [3].

2.4.2 El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).

El Aprendizaje Basado en Problemas es un modelo educativo constructivista. Este fue desarrollado para la educación en medicina a mediados de los años 50. Este modelo ha sido adaptado a un creciente número de áreas, entre ellas las escuelas de negocios, educación, leyes, ingeniería, arquitectura entre otras como lo señala [50].

[51] Señala que se puede entender el Aprendizaje Basado en Problemas como casos o situaciones problemas que pueden conducir a un estudio de casos, se centra en el aprendizaje, la investigación y reflexión por parte de los estudiantes para llegar a la solución de problemas planteados por el docente. [52] Agrega que el ABP permite tanto la adquisición de conocimientos como el aprendizaje de competencias.

En resumen, [52] define el ABP como una recopilación de problemas cuidadosamente contruidos, los problemas se presentan en un lenguaje sencillo, poco técnico y plantean un reto o una cuestión y la tarea de los estudiantes es discutir estos problemas y producir explicaciones tentativas a los fenómenos.

El ABP tiene como característica, crear un ambiente de aprendizaje en el que el problema es el que dirige el proceso formativo [53] y se destaca la importancia de los objetivos de aprendizaje y la integración de conocimientos, adicionalmente los estudiantes adquieren responsabilidades, desarrollan las habilidades necesarias para el aprendizaje e incrementan su motivación y satisfacción [54].

El ABP está centrado en la participación activa del alumno de modo que participe activamente, observe estudie y discuta sobre el problema planteado. Se trata de un enfoque inductivo donde se aprendan los temas a la par que se trata de resolver un problema real. [54].

[53] Hace una recopilación de los diferentes componentes y secuencias que integran la organización didáctica del ABP y se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Componentes y secuencias que integran el ABP, elaboración propia a partir de [53].

MÉTODO DE LOS 7 SALTOS	MÉTODO DE LOS 8 PASOS	MÉTODO DE LOS 9 PASOS	MÉTODO DE LAS 5 FASES
Planteamiento del problema.	Exploración del problema y formulación de hipótesis.	Preparar a los estudiantes para el ABP.	Lectura del problema.
Clarificación de términos.	Primer intento de solución del problema.	Presentación del problema.	Tormenta de ideas y generación de hipótesis.
Análisis del problema.	Identificar las necesidades conceptuales para la resolución del problema.	Identificar las necesidades conceptuales para la resolución del problema.	Identificación de objetivos de aprendizaje.
Explicaciones tentativas.	Priorizar las necesidades de aprendizaje.	Definir completamente el planteamiento del problema.	Investigación individual.
Objetivos de aprendizaje adicional.	Autoestudio y preparación.	Recoger información pertinente.	Discusión final en grupo.
Autoestudio individual o tiempo de consulta.	Compartir Información.	Generar posibles soluciones.	
Discusión final.	Aplicar el conocimiento adquirido a la solución del problema.	Evaluar las soluciones tentativas.	
	Evaluar tanto el conocimiento adquirido como la solución generada.	Evaluar el desempeño en el proceso	
		Resumir la experiencia alcanzada al tratar el problema	

[55] Expone que el ABP se debe centrar en el alumno, las situaciones problema constituyen el foco organizativo de la instrucción y es el principal estímulo para el aprendizaje, el docente es facilitador del conocimiento, los problemas son el medio para el desarrollo de habilidades complejas, y la nueva información se adquiere por medio del aprendizaje auto dirigido son características fundamentales del ABP.

2.4.3 Educación y las TIC.

En la sociedad del conocimiento las TIC tienen un papel preponderante, más aún en el ámbito educativo. [56] Señalan que la entrada de las TIC en el campo educativo es una oportunidad valiosa para realizar algunas modificaciones e innovaciones lo que resulta en aumento la eficiencia y más efectos de sistema educativo. Al reconocer los factores de mejoramiento del proceso de enseñanza/aprendizaje y presentación de un modelo conceptual, los especialistas y tomadores de decisiones podrían ser asistidos para aplicar los cambios necesarios.

Las TIC en la actualidad se han convertido en herramientas necesarias para el proceso de enseñanza/aprendizaje, [15] definen las TIC como las tecnologías para la recolección, registro, almacenamiento, procesamiento, investigación, transferencia y recibimiento de información dirigida en el proceso de enseñanza/aprendizaje. Gracias a los avances y cambios tecnológicos se han presentado cambios significativos en las bases de los procesos de enseñanza aprendizaje, cambios como la independencia y el autoaprendizaje lo que ha desencadenado en la necesidad del planteamiento de nuevas metodologías de enseñanza/aprendizaje donde el docente pasara de ser transmisor de conocimiento a facilitador de éste.

Como lo expresa [57], El uso de las TIC ha tenido un fuerte impacto en el sistema educativo, por esta razón es importante considerar la forma en que los estudiantes aprenden y como se puede mejorar el proceso de aprendizaje. [58] Hace la siguiente aclaración: “La necesidad de educar para la sociedad del conocimiento, para reducir la brecha digital, y para educar con una visión equilibrada y pedagógica de las TIC, son tres importantes reflexiones que debemos hacer antes de iniciar un adecuado proceso de integración de las TIC en educación.”

[59] Expresa que las TIC han cambiado la forma en que tanto los procesos de enseñanza/aprendizaje, como los procesos administrativos dentro de las aulas han sufrido transformaciones trascendentales, cambio evidenciable si se compara con un par de décadas atrás.

[15] Muestran algunas ventajas del uso de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje entre las que se encuentra: acceso global a la información, cooperación, se puede centrar en diferentes tipos de aprendizaje, entre otras. [60], propone algunas metas que pueden ser cumplidas con las TIC y que de alguna forma se pueden ver como ventajas de estas herramientas en el ámbito académico.

- Aumentar el acceso a través de la educación a distancia - Las TIC pueden proporcionar nuevos e innovadores medios para llevar las oportunidades de educación a un mayor número de personas de todas las edades, especialmente los que han sido históricamente excluidos, como las poblaciones de las zonas rurales, las mujeres enfrentan barreras sociales, y estudiantes con discapacidad.
- La habilitación de una red de conocimiento para los estudiantes - Con el conocimiento como la entrada crucial para los procesos productivos dentro de la economía actual, la eficiencia por la que el conocimiento se adquiere y aplica determina el éxito económico. El uso eficaz de las TIC puede contribuir a la transmisión oportuna de la información y el conocimiento, ayudando así los sistemas de educación cumple este desafío.
- Ampliación de la disponibilidad de materiales educativos de calidad – las redes tienen el potencial de aumentar la disponibilidad de materiales educativos de calidad. Su interactividad y el alcance global permiten compartir personalizada de conocimientos, materiales y bases de datos, de forma rápida y barata a través de distancias geográficas largas. Por otra parte, los recursos en línea ofrecen a los profesores el acceso a una vasta y diversa colección de materiales educativos, lo que les permite diseñar planes de estudio que mejor se adaptan a las necesidades de sus estudiantes.
- Mejora de la eficiencia y eficacia de la administración y la política educativa - Las nuevas tecnologías pueden ayudar a mejorar la calidad de las actividades y procesos administrativos, incluida la gestión de recursos humanos, la inscripción de los estudiantes, y el seguimiento de la matrícula estudiantil y el logro.

Finalmente [60] concluyen que la creación de capacidad y la alfabetización TIC son esenciales para beneficiarse plenamente de la sociedad de la información. Algunas contribuciones a las TIC incluyen mejores condiciones para el aprendizaje permanente y la mejora de las competencias profesionales. El campo de aprendizaje móvil se encuentra todavía en su infancia, y lo que es todavía difícil para los expertos para llegar a una definición única del concepto. Información y tecnología de la comunicación cambia el comportamiento de los estudiantes. Los maestros y los estudiantes son más beneficiados por el TIC.

Figura 2-5: Cronología del uso de los medios de comunicación en la educación (elaboración propia basada en [60]).

1960

- Universidad de Illinois inicia un proyecto donde los estudiantes pueden acceder a la información por medio de un televisor y aparatos de sonido.

1960s

- Profesores de psicología de la Universidad de Stanford, experimentaron con el uso de computadoras para enseñar matemáticas y lectura para los niños pequeños en las escuelas primarias en East Palo Alto, California.

1963

- Bernard Luskin instala el primer computador para uso educativo.

Mediados de los 80s

- La comunicación digitalizada (formación basada en ordenador y la creación de redes en la educación) comenzó. Inicio de cursos a distancia utilizando las redes de computadoras para obtener información.

1990

- world widw web, los maestros se embarcaron en el método que utiliza las nuevas tecnologías para emplear los sitios orientados multi-objeto, que son sistemas de realidad virtual en línea basados en texto, para crear sitios web de los cursos junto con juegos simples de instrucciones para sus estudiantes.

1994

- Se funda la primera escuela secundaria online

2000 a la fecha

- Se popularizan las videoconferencias y el uso de otras herramientas TIC.

2.5 Conclusiones parciales.

- El proceso educativo está evolucionando, adecuándose en cada momento a los cambios que se producen en la sociedad; actualmente, ésta se enfrenta al reto de las TIC, que están experimentando un desarrollo constante a un ritmo vertiginoso. La adaptación de la formación universitaria a esta nueva realidad no está siendo inmediata, sino que experimenta un cierto retraso provocado por diversos factores, algunos de los cuales serán analizados en el presente trabajo. En cualquier caso, las mejoras que se van alcanzando en el proceso de enseñanza justifican plenamente el esfuerzo requerido para su obtención [5].
- Como se ha descrito por diferentes autores, en la ingeniería química se busca continuamente desarrollar maneras económicas para el uso energético y de materiales que puedan beneficiar a la humanidad. Por otro lado, la GPO se encarga de la planificación, organización, mejora y control de los procesos de producción tanto de bienes como de servicios, y el uso económico de las materias primas y la energía para estas transformaciones. Destacando la connotación económica presentes tanto en la ingeniería química como en la GPO, se resalta el papel del ingeniero químico en la unidad empresarial, en la transformación de las materias primas en productos usando eficientemente el recurso energético lo cual se relaciona directamente con la GPO.

3 METODOLOGÍA DE TRABAJO.

3.1 Diseño de la investigación.

En la investigación se han propuesto las posibles relaciones de causa-efecto del uso de las TIC como herramientas de soporte para las metodologías de enseñanza/aprendizaje de GPO en el programa de Ingeniería Química. Estas relaciones deben ser comprobadas mediante el uso de diferentes instrumentos tales como encuestas a egresados del programa, estudiantes del mismo y docentes entre otras personas involucradas en los procesos formativos.

Este estudio se clasifica como investigación para la solución de problemas pues se parte de una necesidad que es el uso de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO. Se utilizará el método deductivo pues se partirá de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje como generalidad para llegar a una particularidad que son los modelos de soporte a los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO basados en TIC para el programa de ingeniería química. En principio se escogió esta metodología principalmente por el interés y la necesidad de conocer la interrelación de las variables que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje especialmente en ingeniería química y con temas relacionados con la GPO.

3.2 Enfoque de recolección de datos.

Para la recolección de datos, se utiliza un enfoque mixto, cualitativo y cuantitativo. No solo se busca establecer la relación entre variables causa y efecto sino comprender como estas variables interactúan entre sí en los procesos formativos.

El enfoque cualitativo pretende acotar la información, es por esto que la combinación de los métodos cualitativos y cuantitativos proporciona una visión tanto estadística como descriptiva de las relaciones entre variables en los procesos formativos.

Además en la recolección de datos se utilizan diferentes herramientas basadas en TIC como Google drive y su plataforma de encuestas virtuales que permiten romper las barreras de la distancia, facilitan la recolección y análisis de estos datos.

3.3 Alcance de los objetivos y etapas del estudio.

Partiendo del objetivo general de la investigación “Establecer las relaciones presentes entre las variables causa y las variables efecto del proceso de enseñanza/aprendizaje como se muestra en la figura 1-2, la importancia de estas relaciones en el proceso formativo, con el fin de plantear un modelo de soporte basado en TIC para el proceso de enseñanza/aprendizaje de GPO en ingeniería química” la investigación se puede dividir en 3 etapas, la primera es la etapa teórica, la segunda contextual y la tercera es la etapa propositiva, las cuales se muestran de forma detallada en la figura 3-1.

- **Primera Etapa: Teórica.**

En esta etapa se incluye una revisión bibliográfica, se explora la naturaleza de la Ingeniería Química, su papel en la actualidad, sus retos, fortalezas y debilidades; por otra parte se hace un recorrido por la GPO, su relación con la ingeniería química, el papel de las TIC en la GPO y el papel de la GPO en la ingeniería química actual; luego se abordarán los procesos de enseñanza/aprendizaje, el papel de las TIC en estos procesos formativos especialmente en GPO.

- **Segunda Etapa: Contextual.**

En la segunda etapa es necesario establecer la importancia de la GPO en ingeniería química, para esto se realiza un cuestionario, el cual deberá ser resuelto por estudiantes de ingeniería química para evaluar sus perspectivas sobre la GPO, otro por docentes del mismo programa, uno más desarrollado para docentes del programa de posgrado en Dirección de Producción y Operaciones (DPO) donde se abordan temas referentes a la

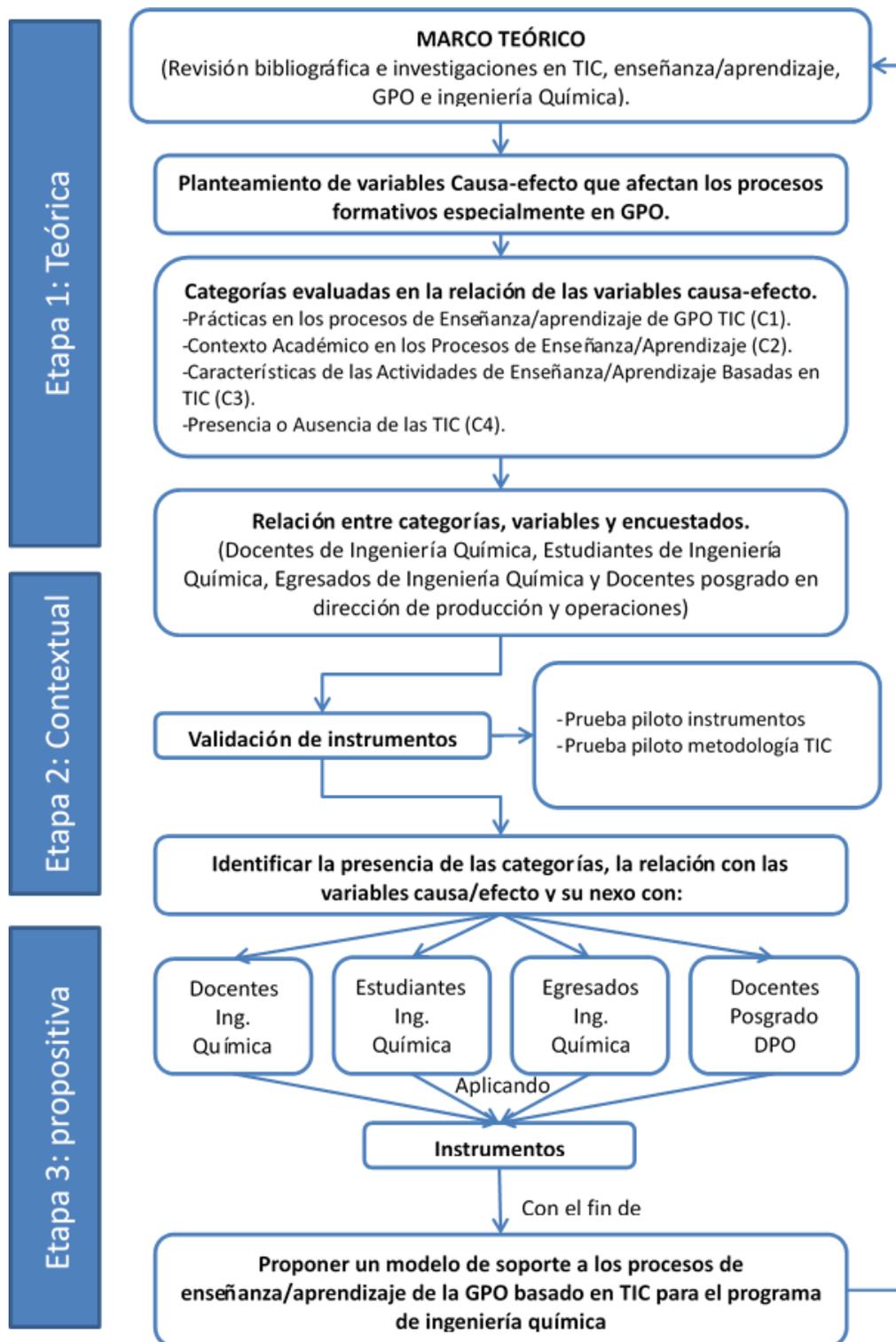
GPO y el último deberá ser desarrollado por egresados del programa de ingeniería química donde se evaluará la importancia de la GPO en los retos actuales de la ingeniería.

- **Tercera Etapa: Propositiva.**

En esta etapa se evalúan los resultados de los cuestionarios, según sus respuestas se proponen herramientas de soporte basadas en TIC para los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO en ingeniería química.

Luego de proponer las herramientas de soporte al proceso formativo, se deben desarrollar dichas herramientas y ser aplicadas en una asignatura que ha de ser propuesta para cubrir las necesidades encontradas en la encuesta desarrollada.

Figura 3-1: Etapas de la Investigación.



3.4 Variables propuestas que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje y su relación.

Para el desarrollo de la investigación se propusieron algunas variables y sus relaciones que afectan los procesos formativos como se muestra en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Relación entre Variables Causa y Variables Efecto.

RELACIÓN	VARIABLE CAUSA	VARIABLE EFECTO
R1	Visitas Industriales	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes
R2	Visitas Industriales	Comunicación docente-estudiantes
R3	Visitas Industriales	Preparación y desempeño profesional
R4	Uso de textos Guía	Nivel de enseñanza por parte de los docentes
R5	Contextualización del conocimiento	Nivel de enseñanza por parte de los docentes
R6	Uso de las TIC	Nivel de enseñanza por parte de los docentes
R7	Uso de las TIC	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes
R8	Uso de las TIC	Preparación y desempeño profesional
R9	Metodología enseñanza/aprendizaje	Nivel de enseñanza por parte de los docentes
R10	Metodología enseñanza/aprendizaje	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes
R11	Conocimiento y praxis en el área por parte del docente	Nivel de enseñanza por parte de los docentes
R12	Conocimiento y praxis en el área por parte del docente	Preparación y desempeño profesional
R13	Temas tratados y expectativas profesionales	Preparación y desempeño profesional
R14	Casos de estudio	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes
R15	Nivel de enseñanza por parte de los docentes	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes
R16	Nivel de enseñanza por parte de los docentes	Preparación y desempeño profesional
R17	Nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes	Preparación y desempeño profesional

3.5 Categorías y su relación con variables causa-efecto.

En este apartado se especificarán cada una de las categorías en las que se evaluarán las relaciones entre variables causa efecto, las fuentes de información directa (encuestados) y finalmente se propondrán las preguntas necesarias para encontrar las relaciones entre las variables en cada categoría.

Luego de realizar el análisis de relación entre variables causa y variables efecto, la clasificación de las variables por categoría, la asignación de las personas responsables de la afectación de estas variables. Se hizo la asignación de preguntas para luego estas ser formuladas en los instrumentos de recolección de datos.

Se establecen las siguientes categorías donde se evaluarán las relaciones entre variables:

- **Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO (C1).**
- **Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje (C2).**
- **Características de las Actividades de Enseñanza/Aprendizaje Basadas en TIC (C3).**
- **Presencia o Ausencia de las TIC (C4).**

- ***PRÁCTICAS EN LOS PROCESOS DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE GPO (C1).***

En esta categoría se evalúan todas aquellas prácticas y herramientas basadas en TIC que soportan los procesos de enseñanza/aprendizaje y su buen uso en dichos procesos formativos.

- ***Definición Conceptual.***

Se define como la evaluación de todas las prácticas y herramientas utilizadas en los procesos formativos, especialmente basadas en TIC. Las buenas prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC evalúan la interrelación entre docentes, estudiantes y tecnologías y la eficiencia de estos procesos formativos.

Para nuestro estudio se entenderán como las herramientas que se utilizan para los procesos formativos y como aportan estas tanto al proceso de enseñanza como al proceso de aprendizaje.

Tabla 3-2: Dimensiones de la Categoría C1.

<i>Categoría</i>	Dimensiones	Instrumentos			
		Encuesta Docentes Ing. Química	Encuesta Estudiantes Ing. Química	Encuesta Egresados Ing. Química	Encuesta Docentes Posgrado DPO
<i>Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO (C1).</i>	D1 En relación con las herramientas corrientes de Enseñanza/Aprendizaje				
	D2 En relación con la metodología de Enseñanza/Aprendizaje				
	D3 En relación con las expectativas y el desempeño profesional				

- **Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje (C2).**

En esta categoría se evalúa como el contexto y el ambiente educativo afectan el proceso de enseñanza/aprendizaje

- ***Definición Conceptual.***

Conjunto de hechos que definen el entorno educativo, herramientas, contexto de la profesión, expectativas profesionales, entre otras.

Para nuestro estudio, se hace referencia a los elementos del entorno formativo y las herramientas basadas en TIC que soportan los procesos de Enseñanza/Aprendizaje

Tabla 3-3: Dimensiones de la Categoría C2.

<i>Categoría</i>	Dimensiones	Instrumentos			
		Encuesta Docentes Ing. Química	Encuesta Estudiantes Ing. Química	Encuesta Egresados Ing. Química	Encuesta Docentes Posgrado DPO
<i>Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje (C2).</i>	D1 En relación con otros ambientes educativos				
	D2 En relación con el uso de las TIC				
	D3 En relación con el docente y su preparación practica (experiencia práctica en GPO)				
	D4 En relación con las Expectativas profesionales				
	D5 En relación con el nivel de Aprendizaje				
	D6 En relación con el nivel de enseñanza				
	D7 En relación con el desempeño profesional				

- ***Características de las Actividades de Enseñanza/Aprendizaje Basadas en TIC (C3).***

Esta categoría hace referencia a las cualidades o aspectos propios de las actividades de enseñanza/aprendizaje soportadas en TIC.

- ***Definición Conceptual.***

Se define como cualidad o circunstancia que es propia o peculiar de una persona o una cosa y por la cual se define o se distingue de otras.

Para nuestro estudio se refiere a las cualidades propias de las actividades formativas y el uso de herramientas basadas en TIC como soporte a estas.

Tabla 3-4: Dimensiones de la Categoría C3.

<i>Categoría</i>	Dimensiones	Instrumentos			
		Encuesta Docentes Ing. Química	Encuesta Estudiantes Ing. Química	Encuesta Egresados Ing. Química	Encuesta Docentes Posgrado DPO
<i>Características de las Actividades de Enseñanza/Aprendizaje Basadas en TIC (C3).</i>	D1 En relación con el contexto social				
	D2 en relación con el acceso a la información				
	D3 en relación con el tiempo de enseñanza				
	D4 en relación con el aprendizaje asincrónico				
	D5 En relación con las barreras espaciales				
	D6 En relación con la interacción				
	D7 En relación con la accesibilidad				

- ***Presencia o Ausencia de las TIC (C4).***

Hace referencia al uso de diferentes herramientas basadas en TIC y como estas aportan a los procesos formativos.

- ***Definición Conceptual.***

Existencia. Para nuestro estudio está referido a verificar si se utilizan diferentes herramientas basadas en TIC y como estas soportan los procesos formativos.

Tabla 3-5: Dimensiones de la Categoría C4.

<i>Categoría</i>	Dimensiones	Instrumentos			
		Encuesta Docentes Ing. Química	Encuesta Estudiantes Ing. Química	Encuesta Egresados Ing. Química	Encuesta Docentes Posgrado DPO
<i>Presencia o Ausencia de las TIC (C4).</i>	D1 En relación con los procesos formativos				
	D2 En relación con Herramientas educativas (blackboard, evaluadores virtuales, entre otros)				
	D3 En relación con Herramientas de video audio e imagen (picasa, vimeo, audacity entre otras)				
	D4 En relación con Herramientas de comunicación (skype, google talk, socrative, google hangouts, google forms, entre otras)				
	D5 En relación con Plataformas para redes y comunicación (share point, google apps, edmodo, zoo, entre otras)				
	D6 Herramientas para páginas web, blogs y wikis (blogger, google sites, pbworks entre otros).				
	D7 En relación con Herramientas para tarea de oficinas (Prezi, google docs, google drive, box, dropbox, calaméo entre otros)				
	D8 En relación con herramientas para la simulación (Aspen plus, promodel, flexsim, entre otras)				
	D9 En relación con el uso de herramientas de soporte para la contextualización del conocimiento				

Se establecen las siguientes convenciones en las cuales se evalúa la relación entre variables y la confiabilidad de estas relaciones en su planteamiento inicial para ser comprobadas.

Tabla 3-6: Relación y confiabilidad entre las variables propuestas (elaboración propia).

Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO (C1).

En esta categoría se evalúan todas aquellas prácticas y herramientas basadas en TIC que soportan los procesos de enseñanza/aprendizaje y su buen uso en dichos procesos formativos.

Tabla 3-7: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C1.

CATEGORÍA	REL. VAR.	ENCUESTADO	PREGUNTA
Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO	R4	Docentes Ing. Química	¿Considera necesario el uso de textos guías exclusivamente para la enseñanza de GPO o cree necesario el uso de ejemplos prácticos para contextualizar el conocimiento?
	R7	Estudiantes Ing. Química	¿Cree que el uso de TIC (simulación, blogs, videos, animaciones, plataformas virtuales, entre otras) aporta a su proceso formativo?
	R8	Egresados Ing. Química	¿Considera que el uso de las TIC en asignaturas ha enriquecido o podrían enriquecer la formación de los futuros ingenieros?
		Docentes Posgrado DPO	¿Cuáles herramientas didácticas basadas en TIC para apoyo en el proceso enseñanza/aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones recomendaría?
	R9	Docentes Ing. Química	¿Cómo considera el uso de TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de enseñanza?
	R10	Estudiantes Ing. Química	¿Considera necesario el uso de TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?
	R14	Estudiantes Ing. Química	¿Considera importante abordar casos de estudio en los procesos de aprendizaje de la Gestión de la Producción y Organizaciones para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?
	R15	Docentes Ing. Química	¿Cómo considera la utilidad de las TIC como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?
		Estudiantes Ing. Química	
Docentes Posgrado DPO			

Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje (C2).

En esta categoría se evalúa como el contexto y el ambiente educativo afectan el proceso de enseñanza/aprendizaje

Tabla 3-8: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C2.

CATEGORÍA	REL. VAR	ENCUESTADO	PREGUNTA
Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje	R1	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que las visitas industriales aportan al aprendizaje de la GPO en Ingeniería Química?
	R2	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que las visitas industriales pueden aportar a la comunicación docente/estudiante y así enriquecer su proceso formativo?
	R3	Egresados Ing. Química	¿Considera que las visitas industriales durante su pregrado le aportaron a su formación profesional? ¿Estas visitas industriales fueron suficientes o considera que deben ser mayores en cantidad y contenido?
	R8	Egresados Ing. Química	¿Considera que el uso de TIC como soporte a los procesos formativos en su pregrado estaban enfocadas al contexto local? ¿Considera que estas herramientas aportaron a su formación profesional?
		Docentes Posgrado DPO	¿Considera que deben ser necesarias herramientas de soporte al proceso de Enseñanza/aprendizaje basadas en TIC enfocadas al contexto local?
	R9	Docentes Ing. Química	¿Considera que la metodología de enseñanza de temas referentes a GPO está enmarcada en el contexto local con el uso de herramientas aplicables a las necesidades propias de esta región?
	R10	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que la metodología de enseñanza de GPO actualmente está enmarcada en el contexto local presentando las necesidades y retos actuales de la Ingeniería Química en Colombia?

Tabla 3-8: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C2 (continuación).

CATEGORÍA	REL. VAR	ENCUESTADO	PREGUNTA
Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje	R11	Docentes Ing. Química	¿Considera necesario e importante tener experiencia profesional en temas referentes a la GPO para poder impartirlos en un curso?
	R12	Egresados Ing. Química	¿Considera que la experiencia profesional en temas referentes a la GPO aporta a la preparación y desempeño profesional de los estudiantes?
		Docentes Posgrado DPO	
	R13	Egresados Ing. Química	¿Considera que la preparación de los estudiantes de Ing. química en temas referentes a la GPO es suficiente para que estos se enfrenten a los retos actuales de la ingeniería?
		Docentes Posgrado DPO	
	R15	Docentes Ing. Química	¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?
		Estudiantes Ing. Química	
		Docentes Posgrado DPO	
	R16	Egresados Ing. Química	¿Considera que el uso de las TIC en su pregrado aportó a su preparación y desempeño profesional en temas relacionados con la GPO?
		Docentes Posgrado DPO	¿Ha presentado algún inconveniente al momento de impartir temas referentes a la GPO a los estudiantes de Ing. Química?
R17	Egresados Ing. Química	¿Los temas tratados en asignaturas referentes a la Gestión de la Producción y Operaciones (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción, cadenas de abastecimiento, ente otras) vistas en el pregrado han suplido todas sus expectativas y necesidades profesionales?	
	Docentes Posgrado DPO	¿Qué tan alta considera la preparación de los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para afrontar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?	

Características de las Actividades de Enseñanza/Aprendizaje Basadas en TIC (C3).

Esta categoría hace referencia a las cualidades o aspectos propios de las actividades de enseñanza/aprendizaje soportadas en TIC.

Tabla 3-9: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C3.

CATEGORÍA	REL. VAR.	ENCUESTADO	PREGUNTA
Características de las actividades de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC	R5	Docentes Ing. Química	En los modelos y ejemplos dados en clase para impartir temas referentes a la GPO ¿ha usado modelos reales del contexto nacional utilizando las TIC como herramientas de soporte para el proceso formativo?
	R6	Docentes Ing. Química	¿Cuáles de las características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de enseñanza de la GPO en ingeniería química?
	R7	Estudiantes Ing. Química	¿Cuáles de las características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de aprendizaje de la GPO en ingeniería química?
	R8	Egresados Ing. Química Docentes Posgrado DPO	¿Cuáles de las características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros químicos?

Presencia o Ausencia de las TIC (C4).

Hace referencia al uso de diferentes herramientas basadas en TIC y como estas aportan a los procesos formativos

Tabla 3-10: Relaciones de variable, encuestado y preguntas C4.

CATEGORÍA	RELACIÓN VARIABLES	ENCUESTADO	PREGUNTA
Presencia o ausencia de las TIC	R6	Docentes Ing. Química	¿Considera que es necesario el uso de las TIC en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO? En los procesos formativos, ¿Cuáles de estas herramientas son utilizadas actualmente para soportar los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO?
	R7	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que es necesario el uso de las TIC en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO?
	R8	Egresados Ing. Química	¿Considera necesario el uso de las TIC para mejorar la preparación de los estudiantes?
		Docentes Posgrado DPO	
	R13	Egresados Ing. Química	¿Considera importante utilizar herramientas como las TIC para mejorar el desempeño de los ingenieros químicos en temas referentes a la GPO?
Docentes Posgrado DPO			
R14	Estudiantes Ing. Química	¿En los casos de estudio referentes a la GPO, ha utilizado las TIC como herramientas de soporte?	

3.6 Población y muestra del estudio.

La población para el estudio la constituyen estudiantes de ingeniería química de la Universidad nacional de Colombia sede Manizales, que están cursando o ya han cursado el 70% del programa, también la constituyen docentes del programa que orientan asignaturas referentes a la GPO, docentes del programa de posgrado en Dirección de Producción y Operaciones de la misma universidad que han orientado asignaturas de la especialización en Dirección de Producción y Operaciones donde han participado egresados del programa de ingeniería química y por último, los egresados del programa de ingeniería química hacen parte de esta población.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El investigador asume el protagonismo de la recolección de los datos, esta actividad representa el trabajo de campo. Para la revisión bibliográfica se consultaran artículos científicos, bases de datos, proyectos de investigación entre otras fuentes las cuales deben ser recientes. Las encuestas se realizaran a los docentes, estudiantes y egresados del programa de ingeniería química.

Las encuestas se realizaron con el fin de establecer las relaciones causa-efecto entre las variables propuestas en la tabla 3-1 y la figura 1-3. Para la recolección de datos se han propuesto los siguientes instrumentos:

Tabla 3-11: Instrumentos de recolección de datos.

INSTRUMENTOS	APLICADO A:	OBJETIVO
Encuestas iniciales (Anexo A)	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Egresados Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Docentes Posgrados relacionados con GPO (Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Docentes departamento Ingeniería Química (Docentes relacionados con la GPO en el dep. de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales) 	Encontrar y evidenciar las necesidades y dificultades en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO en Ingeniería Química
Encuesta Relación Variables (Anexo C)	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Egresados Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Docentes Posgrados relacionados con GPO (Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Docentes departamento Ingeniería Química (Docentes relacionados con la GPO en el dep. de Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). 	Establecer la relación entre variables causa y variables efecto en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO en ingeniería química
Encuestas Comprobación de hipótesis (Anexo E)	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Egresados Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). 	Comprobar o refutar las hipótesis propuestas en el estudio
Encuestas satisfacción de las herramientas desarrolladas (Anexo G)	<ul style="list-style-type: none"> • Estudiantes Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). • Egresados Ingeniería Química (Universidad Nacional de Colombia sede Manizales). 	

3.8 Validez y confiabilidad de los instrumentos.

Como primera instancia, se tienen los resultados de la investigación preliminar que muestra un panorama general de las necesidades y expectativas de los estudiantes e ingenieros químicos frente a la GPO. Estos resultados se corroboran con los instrumentos planteados en la tabla 3-11, donde se indaga a profundidad la relación entre variables propuestas, hipótesis planteadas y satisfacción con las herramientas de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje desarrolladas.

3.9 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos.

Para el análisis de los datos se considera la siguiente estructura:

1. Recolección y organización de los datos recolectados con los instrumentos aplicados.
2. Clasificación de los datos y operacionalización de los mismos.
3. Interpretación de los datos.

3.10 Conclusiones parciales.

- Las herramientas planteadas tenían no solo como objetivo encontrar las relaciones entre variables y facilitar la construcción e el modelo de enseñanza/aprendizaje, sino también investigar como los sujetos participes en el proceso de enseñanza/aprendizaje percibían los procesos actuales y como sus expectativas eran o no satisfechas.
- Las variables planteadas y las etapas de construcción del modelo fueron diseñadas para cumplir con los objetivos planteados en la investigación. La categorización de las variables y la estructuración de la recolección de datos facilitaron el avance en la investigación, dando pie a unos resultados como el modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO aplicada a la ingeniería química y las herramientas que lo pueden soportar. Una buena estructuración de un proyecto investigativo es crucial para el buen avance del mismo.

4 DESARROLLO DEL MODELO DE ENSEÑANZA/APRENDIZAJE APOYADO EN TIC.

4.1 Relación de variables en el proceso de enseñanza/aprendizaje.

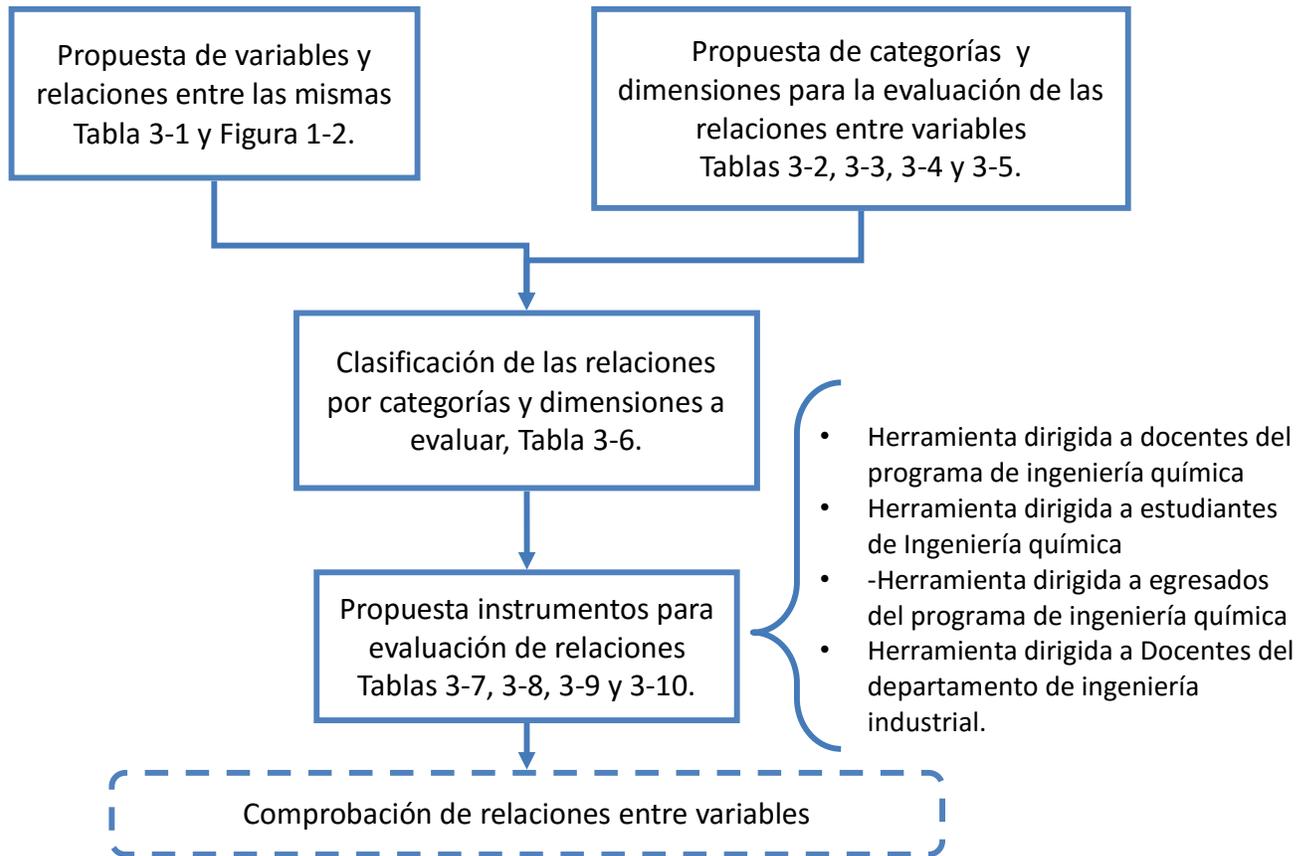
Para el análisis de las posibles relaciones entre variables en el proceso de enseñanza/aprendizaje se desarrolló un instrumento de comprobación de dichas relaciones el cual se encuentra en el anexo C. Para la comprobación, se midió la afinidad de estas relaciones entre variables, las categorías que intervenían y las dimensiones medidas para cada categoría. A continuación se presentan los resultados de estas relaciones, los cuales sirven de insumo para plantear el modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO soportado en TIC para el programa de Ingeniería Química.

La comprobación de las relaciones entre las variables propuestas sigue la metodología descrita en el capítulo 3. En las tablas 3-2, 3-3, 3-4 y 3-5 se describen las categorías propuestas y las dimensiones en las que se evaluarán las relaciones entre variables. Ya en la tabla 3-6 se resumen las relaciones entre variables, las categorías y las dimensiones en las cuales se evaluarán dichas relaciones.

En las tablas 3-7, 3-8, 3-9 y 3-10 se relacionan las preguntas del instrumento desarrollado para la comprobación de relaciones entre variables, con dichas relaciones para facilitar la comprobación de las mismas. Los sujetos encuestados son 17 estudiantes de ingeniería química, 26 egresados del mismo programa, 2 docentes del programa de ingeniería química que han tenido relación con temas afines con la GPO, y 5 docentes del programa de ingeniería industrial que han tenido relación con estudiantes y egresados del programa de ingeniería química en los posgrados ofrecidos por el departamento de ingeniería

industrial y que tienen relación con la GPO. En la figura 4-1 se describe la metodología utilizada para la comprobación de estas relaciones.

Figura 4-1: Metodología para la relación de variables.



En las ecuaciones 4-1 y 4-2 se describe la metodología para el cálculo de las relaciones entre variables propuestas.

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n C_j}{n} \quad (4-1)$$

$$C_j = \frac{\sum_{k=1}^m D_k}{m} \quad (4-2)$$

R_i Representa cada una de las relaciones

C_j Representa las categorías evaluadas en cada relación de variables.

D_k Representa las dimensiones evaluadas en cada categoría correspondientes a una relación de variables definida.

Para cada relación R_i se evalúan C_j categorías, y cada categoría C_j es evaluada en D_k dimensiones. El valor C_j correspondiente a la relación R_i esta descrito por el promedio de las dimensiones que afectan dicha categoría C_j . Cada relación esta descrita por el promedio de las categorías evaluadas en la misma.

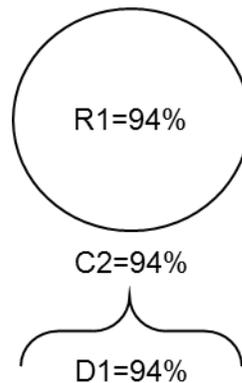
En el presente capitulo se presentan una serie de tablas donde se describen los resultados de las relaciones entre variables, en estas tablas se muestran las categorías evaluadas por relación, las preguntas utilizadas para evaluar las relaciones, las dimensiones evaluadas por cada categoría. El valor de la categoría es el promedio de las dimensiones evaluadas en dicha categoría y la relación entre variables hace referencia al promedio entre las categorías evaluadas para dicha relación.

- **R1, relación entre las visitas industriales y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.**

Tabla 4-1: Resultados relación R1.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que las visitas industriales aportan al aprendizaje de la GPO en Ingeniería Química?	D1	Si 94%	No 6%
Promedio C2				94%	
Promedio Categorías. R1, relación entre las visitas industriales y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.				94%	

Figura 4-2: Resultado relación R1.



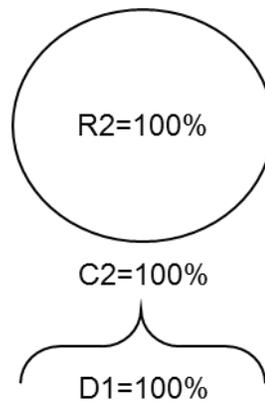
Las visitas industriales y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ven fuertemente relacionadas, Esta relación se ve influenciada por la dimensión herramientas corrientes de enseñanza/aprendizaje, lo cual se evalúa en la categoría prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO.

- **R2, relación entre las visitas industriales y la comunicación docente-estudiante.**

Tabla 4-2: Resultado relación R2.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que las visitas industriales pueden aportar a la comunicación docente/estudiante y así enriquecer su proceso formativo?	D1	Si 100%	No 0%
Promedio C2				100%	
Promedio Categorías. R2, relación entre las visitas industriales y la comunicación docente-estudiante.				100%	

Figura 4-3: Resultado Relación R2.



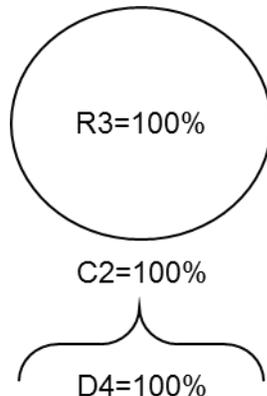
Las visitas industriales y la comunicación docente-estudiante están fuertemente relacionadas, esta relación fue evaluada en la dimensión relación con otros ambientes educativos en la categoría contexto académico en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

- **R3, relación entre las visitas industriales y la preparación y desempeño profesional.**

Tabla 4-3: Resultado relación R3.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Egresados Ing. Química	¿Considera que las visitas industriales durante su pregrado le aportaron a su formación profesional? ¿Estas visitas industriales fueron suficientes o considera que deben ser mayores en cantidad y contenido?	D4	Si 100%	No 0%
Promedio C2				100%	
Promedio Categorías. R3, relación entre las visitas industriales y la preparación y desempeño profesional.				100%	

Figura 4-4: Resultado relación R3.



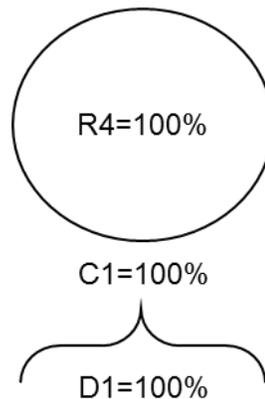
Las visitas industriales y la preparación y desempeño profesional se ven fuertemente relacionadas, Esta relación se ve influenciada por la dimensión expectativas profesionales, lo cual se evalúa en la categoría contexto académico en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

- **R4, relación entre el uso de textos guía y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.**

Tabla 4-4: Resultado relación R4.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C1	Docentes Ing. Química	¿Considera necesario el uso de textos guías exclusivamente para la enseñanza de GPO o cree necesario el uso de ejemplos prácticos para contextualizar el conocimiento?	D1	Si 100%	No 0%
Promedio C1				100%	
Promedio Categorías. R4, relación entre el uso de textos guía y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.				100%	

Figura 4-5: Resultado relación R4.

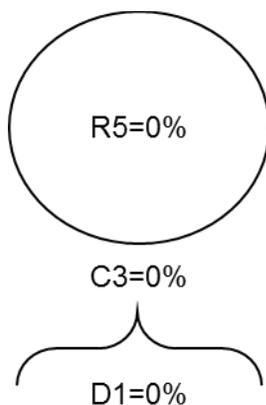


El uso de textos guía y el nivel de enseñanza por parte de los docentes están fuertemente relacionadas, Esta relación se ve influenciada por la dimensión herramientas corrientes de enseñanza/aprendizaje, lo cual se evalúa en la categoría contexto prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO.

- **R5, relación entre la contextualización del conocimiento y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.**

Tabla 4-5: Resultado relación R5.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C3	Docentes Ing. Química	En los modelos y ejemplos dados en clase para impartir temas referentes a la GPO ¿ha usado modelos reales del contexto nacional utilizando las TIC como herramientas de soporte para el proceso formativo?	D1	Si 0%	No 100%
Promedio C3				0%	
Promedio Categorías. R5, relación entre la contextualización del conocimiento y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.				0%	

Figura 4-6: Resultado relación R5.

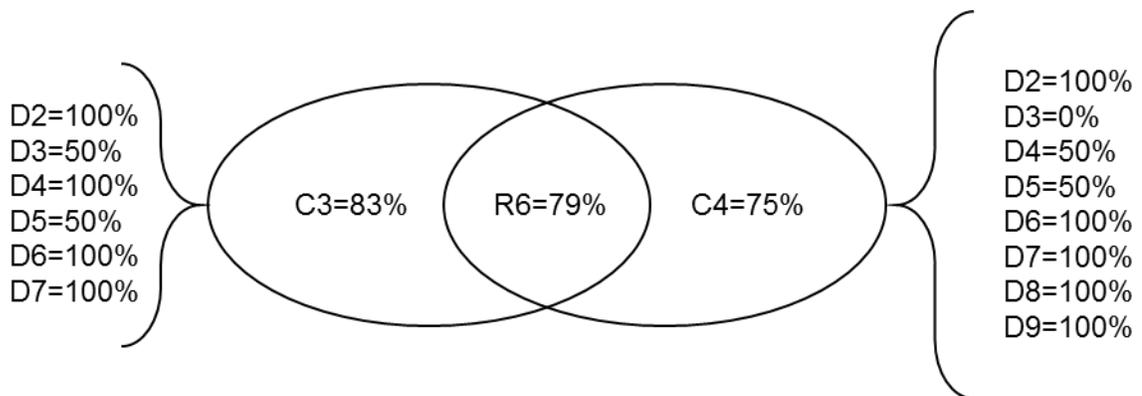
Se encontró que no hay relación alguna entre la contextualización del conocimiento y el nivel de enseñanza por parte de los docentes, pues este no es el único factor que afecta los procesos de enseñanza/aprendizaje, esta relación fue evaluada en la dimensión relación con el contexto social de la categoría características de las actividades de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC.

- **R6, relación entre el uso de las TIC y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.**

Tabla 4-6: Resultado relación R6.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado
C3	Docentes Ing. Química	¿Cuáles de las características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de enseñanza de la GPO en ingeniería química?	D2	D2 100%
			D3	D3 50%
			D4	D4 100%
			D5	D5 50%
			D6	D6 100%
			D7	D7 100%
			C4	Docentes Ing. Química
D3	D3 0%			
D4	D4 50%			
D5	D5 50%			
D6	D6 100%			
D7	D7 100%			
D8	D8 100%			
D9	D9 100%			
Promedio C3				
Promedio C4				75%
Promedio Categorías. R6, relación entre el uso de las TIC y el nivel de enseñanza por parte de los docentes				79%

Figura 4-7: Resultado relación R6.



El uso las TIC y el nivel de enseñanza por parte de los docentes están fuertemente relacionados, Esta relación se ve influenciada por las dimensiones acceso a la información, tiempo de enseñanza, aprendizaje asincrónico, barreras espaciales, interacción y accesibilidad; lo cual se evalúa en la categoría características de las actividades de

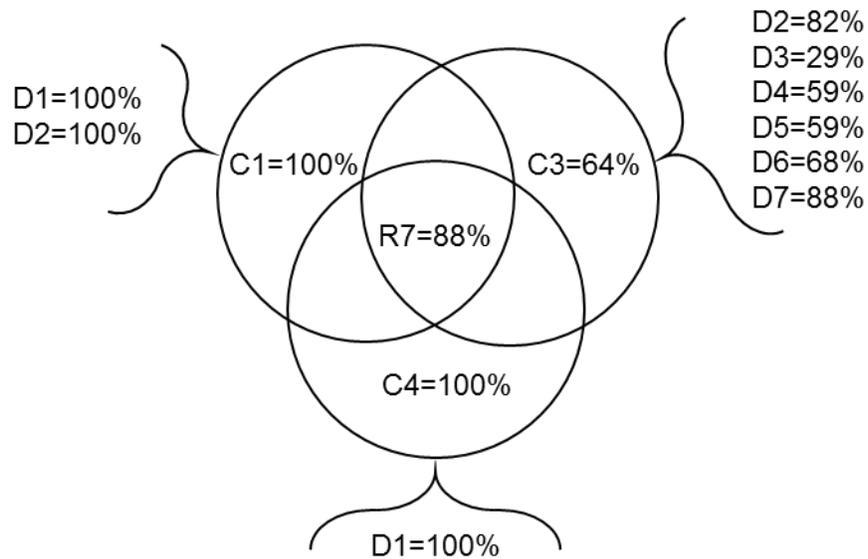
enseñanza/aprendizaje basadas en TIC donde tuvo mayor influencia el acceso a la información, el aprendizaje asincrónico la interacción y la accesibilidad.

Esta relación también fue evaluada en la categoría presencia o ausencia de las TIC, donde fue fuertemente influenciada por las dimensiones herramientas educativas, herramientas para páginas web, blog y wikis, herramientas para tareas de oficina, herramientas para la simulación y uso de herramientas de soporte para la contextualización del conocimiento.

- **R7, relación entre uso de las TIC y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.**

Tabla 4-7: Resultado relación R7.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado
C1	Estudiantes Ing. Química	¿Cree que el uso de TIC (simulación, blogs, videos, animaciones, plataformas virtuales, entre otras) aporta a su proceso formativo?	D1 D2	D1=Si 100% D2= Si 100%
C3	Estudiantes Ing. Química	¿Cuáles de las características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de aprendizaje de la GPO en ingeniería química?	D2 D3 D4 D5 D6 D7	D2 82% D3 29% D4 59% D5 59% D6 68% D7 88%
C4	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que es necesario el uso de las TIC en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO?	D1	D1 Si 100%
Promedio C1				100%
Promedio C3				64%
Promedio C4				100%
Promedio Categorías. R7, relación entre uso de las TIC y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.				88%

Figura 4-8: Resultado relación R7.

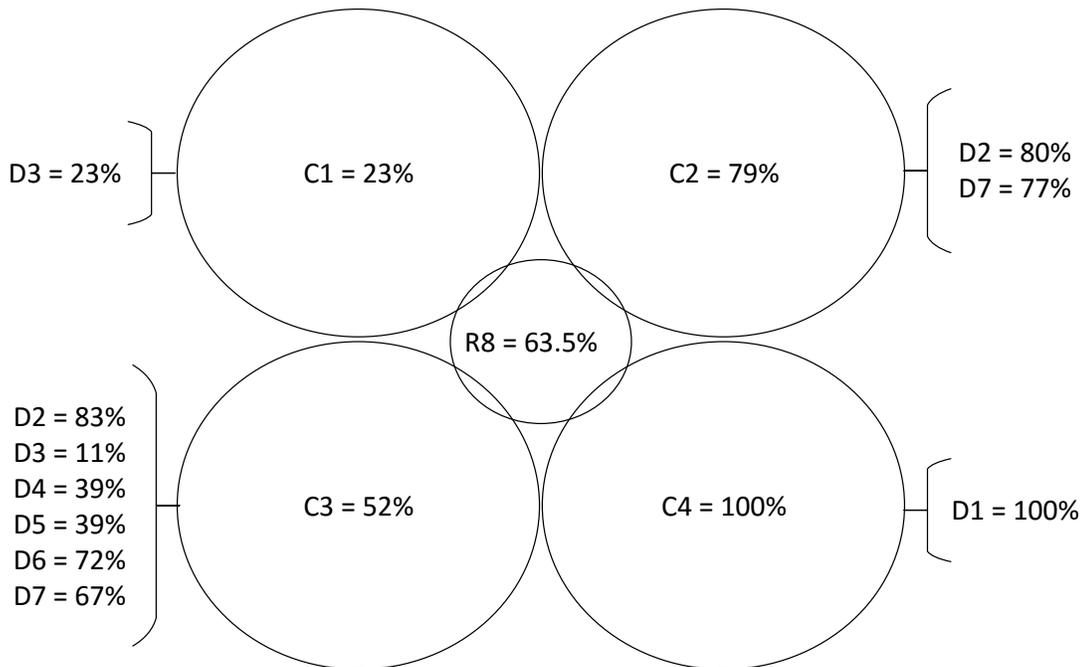
La relación entre el uso de las TIC y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes tiene una relación alta, del 88%, esta relación fue evaluada en tres categorías de las cuales se vio influenciada fuertemente por la categoría prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO y sus dimensiones herramientas corrientes de enseñanza/aprendizaje y metodología de enseñanza/aprendizaje; y la categoría presencia o ausencia de las TIC en la dimensión relacionada con los procesos formativos.

- **R8, relación entre el uso de las TIC y la preparación y desempeño profesional.**

Tabla 4-8: Resultado relación R8.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado
C1	Egresados Ing. Química	¿Considera que el uso de las TIC en asignaturas ha enriquecido o podrían enriquecer la formación de los futuros ingenieros?	D3	D3 23%
	Docentes Posgrado o DPO	¿Cuáles herramientas didácticas basadas en TIC para apoyo en el proceso enseñanza/aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones recomendaría?	Blogs 21% Foros virtuales 14% Evaluaciones virtuales 21%	
C2	Egresados Ing. Química	¿Considera que el uso de TICs como soporte a los procesos formativos en su pregrado estaban enfocadas al contexto colombiano?	Sí 38% No 62%	
		¿Considera que las TICs como herramientas aportaron a su formación profesional?	D7	D7 77%
	Docentes Posgrado o DPO	¿Considera que deben ser necesarias herramientas de soporte al proceso de Enseñanza/aprendizaje basadas en TIC enfocadas al contexto local?	D2	D2 80%
C3	Egresados Ing. Química	¿Cuáles de las características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros químicos?	D2	D2 83%
	Docentes Posgrado o DPO		D3 D4 D5 D6 D7	D3 11% D4 39% D5 39% D6 72% D7 67%
C4	Egresados Ing. Química	¿Considera necesario el uso de las TIC para mejorar la preparación de los estudiantes?	D1	D1 Si 100%
	Docentes Posgrado o DPO			
Promedio C1				23%
Promedio C2				79%
Promedio C3				52%
Promedio C4				100%
Promedio Categorías. R8, relación entre el uso de las TIC y la preparación y desempeño profesional.				63.5%

Figura 4-9: Resultado Relación R8.



Relación entre el uso de las TIC y la preparación y desempeño profesional es alta, su evaluación fue compleja pues se tuvieron en cuenta las cuatro categorías propuestas de las cuales la categoría uno y la categoría influenciaron mayormente esta relación.

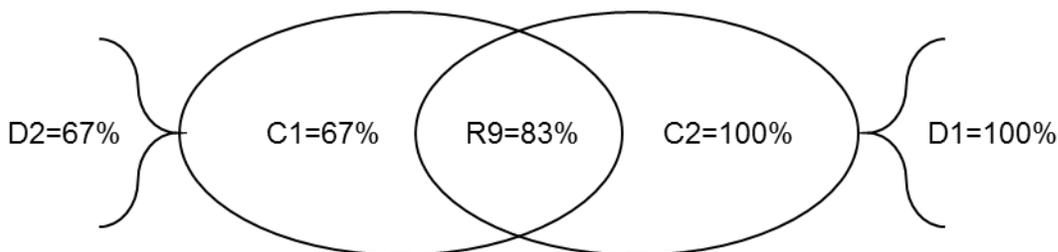
La categoría prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO (C1) fue evaluada en la dimensión relacionada con las expectativas y desempeño profesional, y la categoría presencia o ausencia de las TIC (C4) fue evaluada en la dimensión relacionada con los procesos formativos.

- **R9, relación entre la metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.**

Tabla 4-9: Resultado relación R9.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado
C1	Docentes Ing. Química	¿Cómo considera el uso de TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de enseñanza?	D2	De 1 a 3, el 100% califica esta afirmación con 2, lo que equivale a un 67% acumulado
C2	Docentes Ing. Química	¿Considera que la metodología de enseñanza de temas referentes a GPO está enmarcada en el contexto local con el uso de herramientas aplicables a las necesidades propias de esta región?	D1	Si 100% No 0%
Promedio C1				67%
Promedio C2				100%
Promedio Categorías. R9, relación entre la metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.				83%

Figura 4-10: Resultado relación R9.



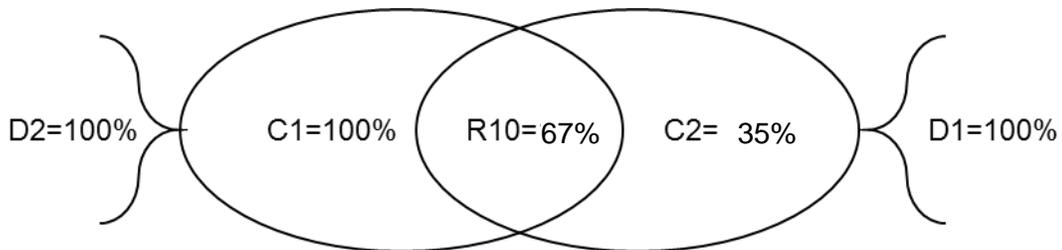
La metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de enseñanza por parte de los docentes están fuertemente relacionadas (83%). Esta relación se ve influenciada mayoritariamente por la categoría contexto académico de los procesos de enseñanza/aprendizaje (C2) y la dimensión relacionada con los ambientes educativos.

- **R10, relación entre la metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.**

Tabla 4-10: Resultado relación R10.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C1	Estudiantes Ing. Química	¿Considera necesario el uso de TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?	D2	Si 100%	No 0%
C2	Estudiantes Ing. Química	¿Considera que la metodología de enseñanza de GPO actualmente está enmarcada en el contexto local presentando las necesidades y retos actuales de la Ingeniería Química en Colombia?	D1	Si 35%	No 65%
Promedio C1				100%	
Promedio C2				35%	
Promedio Categorías. R10, relación entre la metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.				67.5%	

Figura 4-11: Resultado relación R10.



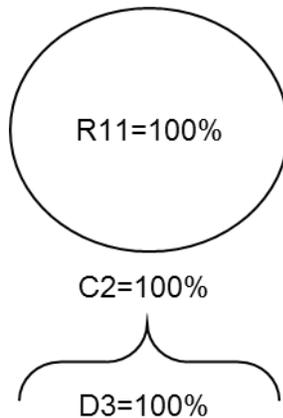
La metodología de enseñanza/aprendizaje y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes tienen una alta relación (100%). Esta relación es alta tanto en la categoría prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO (C1) y su dimensión relacionada con la metodología de enseñanza/aprendizaje y la categoría contexto académico en los procesos de enseñanza/aprendizaje (C2) y la dimensión en relación con otros ambientes educativos.

- **R11, relación entre el conocimiento y praxis en el área por parte del docente y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.**

Tabla 4-11: Resultado relación R11.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Docentes Ing. Química	¿Considera necesario e importante tener experiencia profesional en temas referentes a la GPO para poder impartirlos en un curso?	D3	Si 100%	No 0%
Promedio C2				100%	
Promedio Categorías. R11, relación entre el conocimiento y praxis en el área por parte del docente y el nivel de enseñanza por parte de los docentes.				100%	

Figura 4-12: Resultado relación R11.



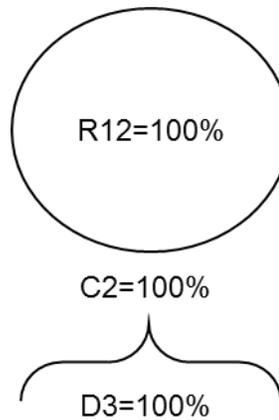
El conocimiento y praxis en el área por parte del docente y el nivel de enseñanza por parte de los docentes están fuertemente relacionadas. Esta relación se ve influenciada por la dimensión relacionada con el docente y su preparación práctica (experiencia práctica en GPO), lo cual se evalúa en la categoría contexto académico en los procesos de enseñanza/aprendizaje (C2).

- **R12, relación entre el conocimiento y praxis en el área por parte del docente y la preparación y desempeño profesional.**

Tabla 4-12: Resultado relación R12.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Egresados Ing. Química	¿Considera que la experiencia profesional en temas referentes a la GPO aporta a la preparación y desempeño profesional de los estudiantes?	D3	Si	No
	Docentes Posgrado DPO			100%	0%
Promedio C2				100%	
Promedio Categorías. R12, relación entre el conocimiento y praxis en el área por parte del docente y la preparación y desempeño profesional				100%	

Figura 4-13: Resultado relación R12.



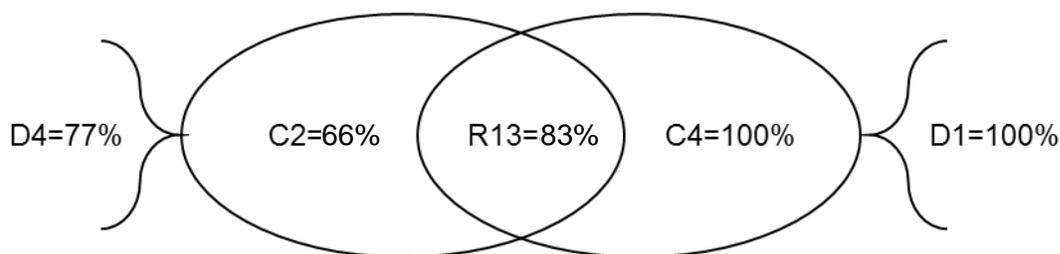
El conocimiento y praxis en el área por parte del docente y la preparación y desempeño profesional están fuertemente relacionadas. Esta relación se ve influenciada por la dimensión relacionada con el docente y su preparación práctica (experiencia práctica en GPO), lo cual se evalúa en la categoría contexto académico en los procesos de enseñanza/aprendizaje (C2).

- **R13, relación entre los temas tratados y las expectativas profesionales y la preparación y desempeño profesional.**

Tabla 4-13: Resultado relación R13.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Egresados Ing. Química	¿Considera que la preparación de los estudiantes de Ing. química en temas referentes a la GPO es suficiente para que estos se enfrenten a los retos actuales de la ingeniería?	D4	Si 8%	No 92%
	Docentes Posgrado DPO			Si 60%	No 40%
C4	Egresados Ing. Química	¿Considera importante utilizar herramientas como las TIC para mejorar el desempeño de los ingenieros químicos en temas referentes a la GPO?	D1	Si 100%	No 0%
	Docentes Posgrado DPO				
Promedio C2				66%	
Promedio C4				100%	
Promedio Categorías. R13, relación entre los temas tratados y las expectativas profesionales y la preparación y desempeño profesional				83%	

Figura 4-14: Resultado relación R13.



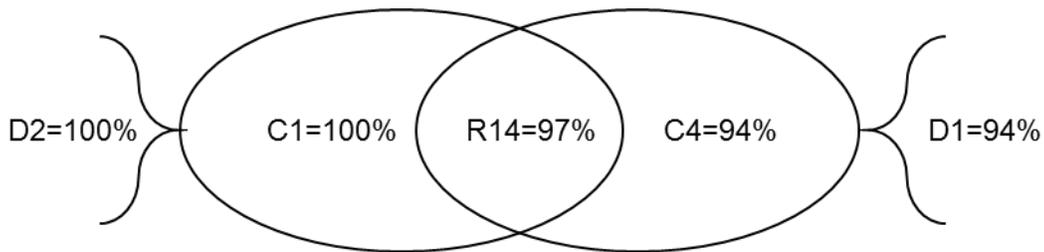
Los temas tratados y las expectativas profesionales y la preparación y desempeño profesional se ven fuertemente relacionados (89%) esta relación está influenciada mayormente por la categoría presencia o ausencia de las TIC (C4) y su dimensión relacionada con los proceso formativos.

- **R14, relación entre los casos de estudio y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.**

Tabla 4-14: Resultado relación R14.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C1	Estudiantes Ing. Química	¿Considera importante abordar casos de estudio en los procesos de aprendizaje de la Gestión de la Producción y Organizaciones para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?	D2	Si 100%	No 0%
C4	Estudiantes Ing. Química	¿En los casos de estudio referentes a la GPO, ha utilizado las TIC como herramientas de soporte?	D1	Si 94%	No 6%
Promedio C1				100%	
Promedio C4				94%	
Promedio Categorías. R14, relación entre los casos de estudio y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.				97%	

Figura 4-15: Resultado relación R14.



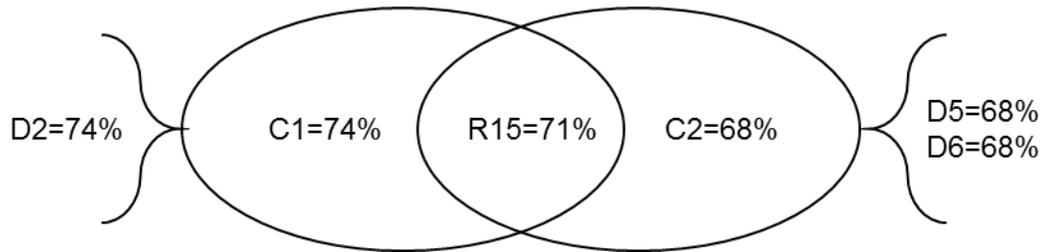
Los casos de estudio y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes tienen una relación del 97% con una influencia activa tanto de la categoría prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO, como la categoría relacionada con la presencia o ausencia de las TIC.

- **R15, relación entre el nivel de enseñanza por parte de los docentes y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.**

Tabla 4-15: Resultado relación R15.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado
C1	Docentes Ing. Química	¿Cómo considera la utilidad de las TIC como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?	D2	1 0%
	Estudiantes Ing. Química			2 6%
	Docentes Posgrado DPO			3 18%
				4 59%
				5 18%
				% acum. 84%
C2	Docentes Posgrado DPO	¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?	D5 D6 (de 1 a 5)	1 0%
	Docentes Ing. Química			2 0%
				3 40%
				4 40%
	Estudiantes Ing. Química			5 20%
				% acum. 76%
				1 0%
				2 10%
				3 60%
				4 10%
				5 20%
				% acum. 68%
Promedio C1				74%
Promedio C2				68%
Promedio Categorías.R15, relación entre el nivel de enseñanza por parte de los docentes y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.				71%

Figura 4-16: Resultado relación R15.

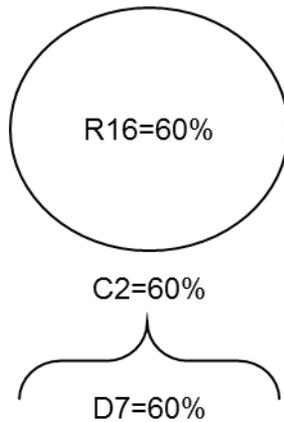


El nivel de enseñanza por parte de los docentes y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes tienen una relación medianamente alta, influenciada por la categoría prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO y la dimensión relacionada con la metodología de enseñanza/aprendizaje.

- **R16, relación entre el nivel de enseñanza por parte de los docentes y la preparación y desempeño profesional.**

Tabla 4-16: Resultado relación R16.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Egresados Ing. Química	¿Considera que el uso de las TIC en su pregrado aportó a su preparación y desempeño profesional en temas relacionados con la GPO? ¿Ha presentado algún inconveniente al momento de impartir temas referentes a la GPO a los estudiantes de Ing. Química?	D7	Si 60%	No 0%
	Docentes Posgrado DPO				
Promedio C2				60%	
Promedio Categorías. R16, relación entre el nivel de enseñanza por parte de los docentes y la preparación y desempeño profesional.				60%	

Figura 4-17: Resultado relación R16.

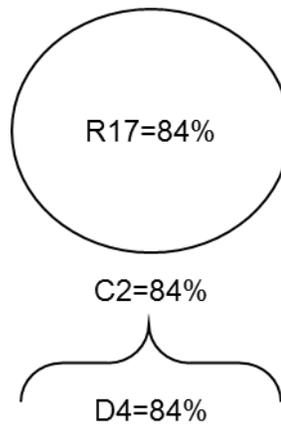
El nivel de enseñanza por parte de los docentes y la preparación y desempeño profesional están medianamente relacionadas, Esta relación se ve influenciada por la dimensión relacionada con el desempeño profesional, lo cual se evalúa en la categoría contexto académico de los procesos de enseñanza/aprendizaje.

- **R17, relación entre el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes y la preparación y desempeño profesional.**

Tabla 4-17: Resultado relación R17.

Categoría	Sujeto	Pregunta	Dimensión	Resultado	
C2	Egresados Ing. Química	¿Los temas tratados en asignaturas referentes a la Gestión de la Producción y Operaciones (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción, cadenas de abastecimiento, ente otras) vistas en el pregrado han suplido todas sus expectativas y necesidades profesionales?	D4	Si 100%	No 0%
	Docentes Posgrado DPO	¿Qué tan alta considera la preparación de los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para afrontar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?		1 0% 2 20% 3 20% 4 60% 5 0% % acum. 68.4%	
Promedio C2				84%	
Promedio Categorías.R17, relación entre el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes y la preparación y desempeño profesional.				84%	

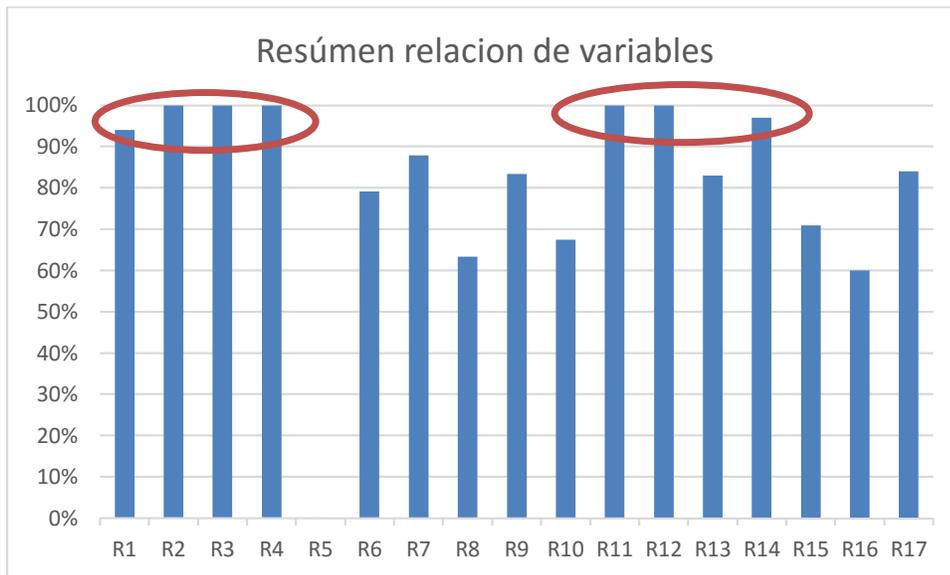
Figura 4-18: Resultado relación R17.



El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes y la preparación y desempeño profesional están medianamente relacionadas, Esta relación se ve influenciada por la dimensión relacionada con las expectativas profesionales, lo cual se evalúa en la categoría contexto académico de los procesos de enseñanza/aprendizaje.

La figura 4-18 muestra un resumen de relación de variables que pueden afectar los procesos de enseñanza/aprendizaje. Las relaciones R1, R2, R3, R4, R10, R11, R12 y R14 son las que afectan mayormente los procesos formativos, y en menor medida la relación R7 en función de estas relaciones se plantea el modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO usando herramientas TIC como soporte.

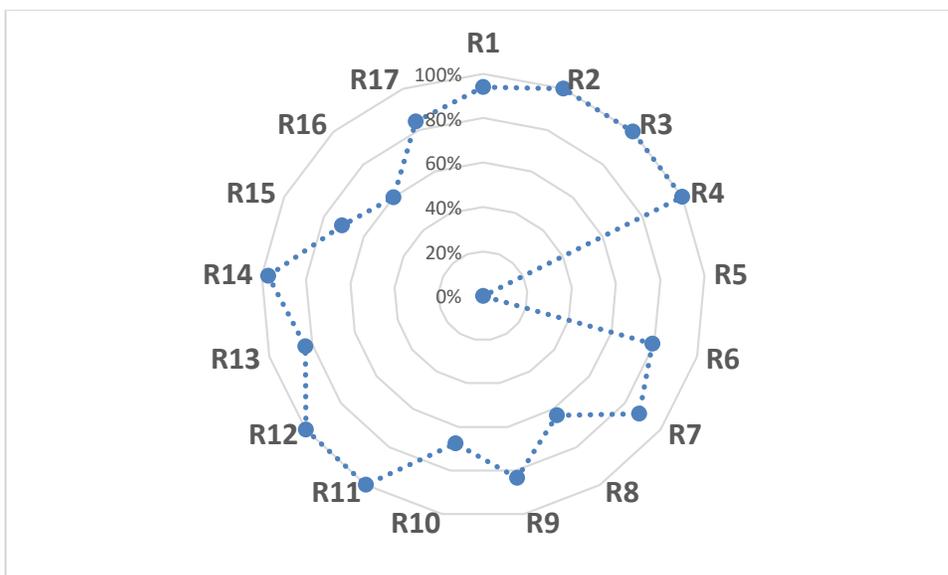
Figura 4-19: Grafico resumen relación de variables.



4.2 Propuesta de un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO aplicado a un programa de ingeniería química.

Para el diseño de una metodología de enseñanza/aprendizaje, primero es necesario revisar las relaciones de variables y las hipótesis involucradas en los procesos formativos. Con la ayuda de un gráfico radial expuesto en la figura 4-20, la figura 4-21, la figura 4-22, la figura 4-23, la figura 4-24, la figura 4-25 se pueden identificar las relaciones entre variables que afectan en mayor medida los procesos de enseñanza/aprendizaje, y sumándole a esto la comprobación de las hipótesis y la satisfacción de los usuarios al probar las herramientas desarrolladas, se puede plantear un modelo de enseñanza/aprendizaje acorde con las necesidades y expectativas de los estudiantes de ingeniería química.

Figura 4-20: Grafico radial de las relaciones entre variables.



Con la información obtenida durante la investigación, se plantea un modelo de enseñanza/aprendizaje enfocado en el aprendizaje autónomo, se propone que los docentes y los estudiantes sean parte activa del proceso formativo, donde el docente tendrá el papel de facilitador del conocimiento y los estudiantes tendrán el papel de generadores del mismo.

Figura 4-21: Promedio de las categorías evaluadas y su influencia en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

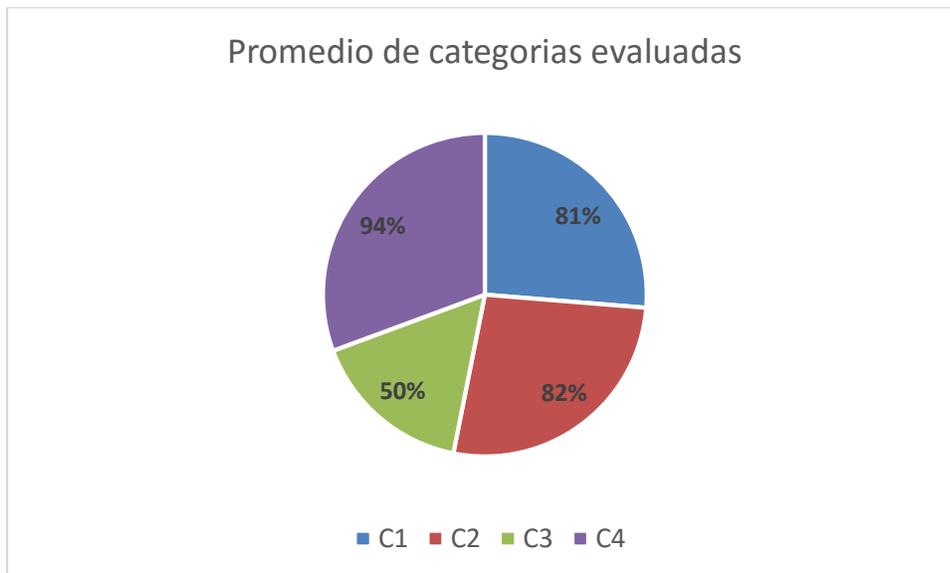


Figura 4-22: Promedio de las dimensiones para la categoría C1.

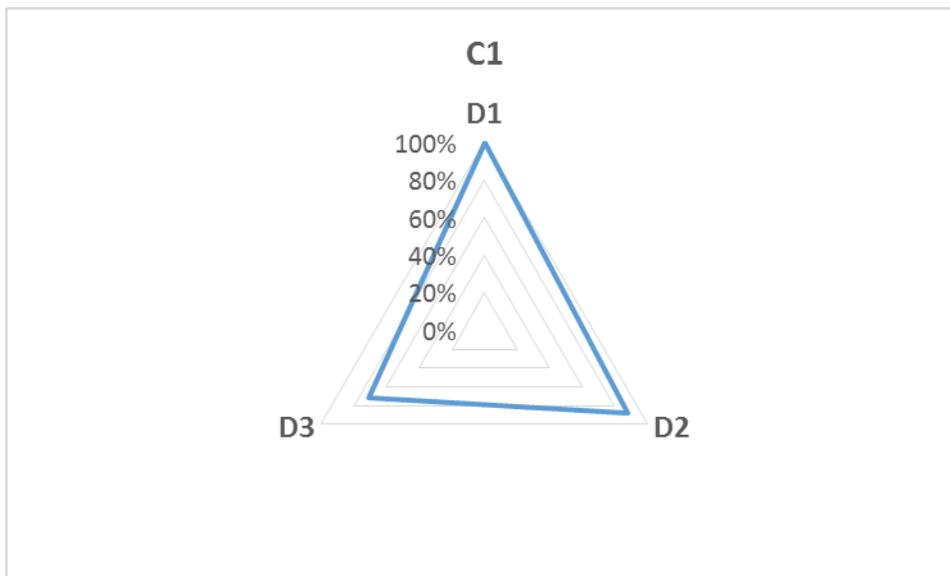


Figura 4-23: Promedio de las dimensiones para la categoría C2.

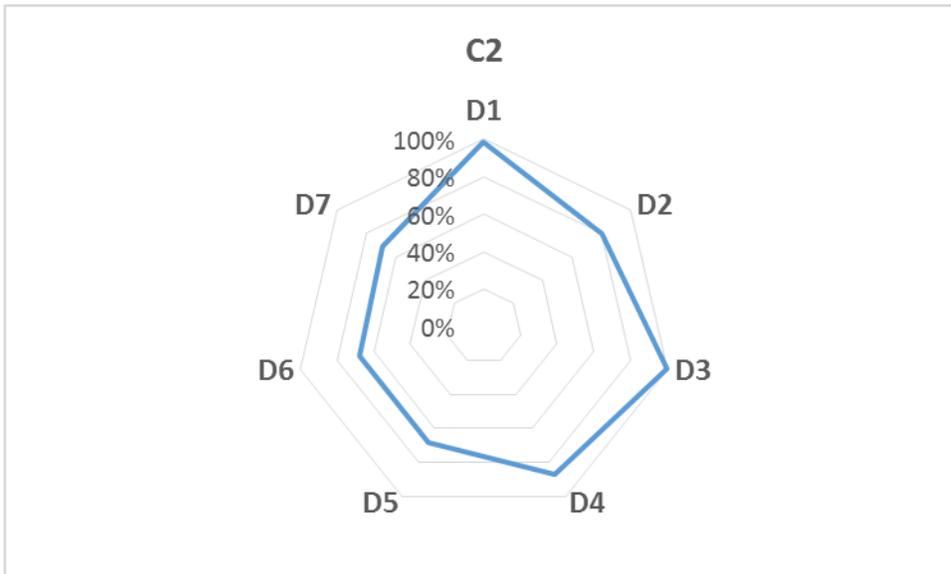


Figura 4-24: Promedio de las dimensiones para la categoría C3.

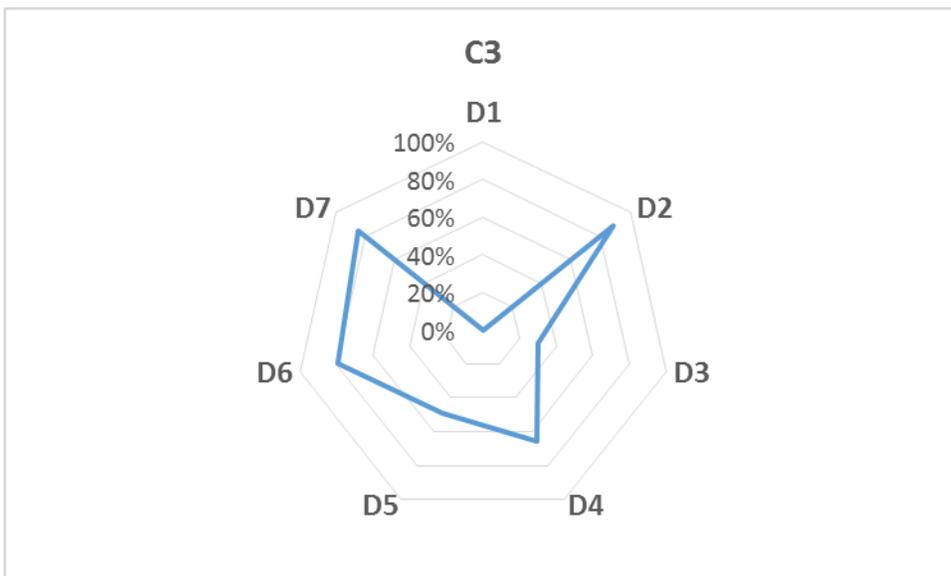
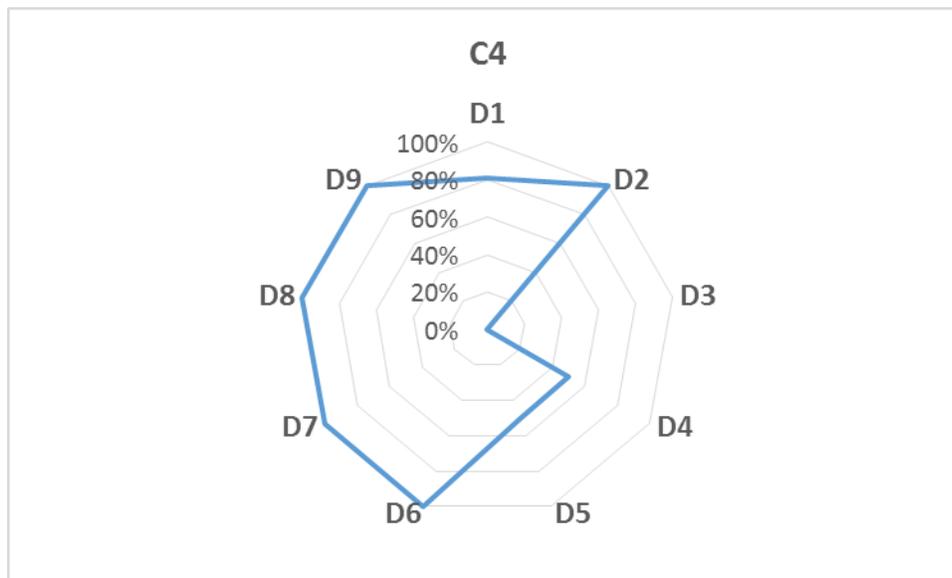


Figura 4-25: Promedio de las dimensiones para la categoría C4.

En el modelo propuesto se destacan las visitas industriales las cuales aumentan la comunicación entre docentes y estudiantes y propician una mejor preparación para el desempeño profesional. Se propone desarrollar herramientas basadas en TIC las cuales propician un mejor nivel de enseñanza por parte de los docentes, aumento en el aprendizaje por parte de los estudiantes y facilita la preparación profesional de los futuros ingenieros. También se destaca el uso de casos de estudio para facilitar el entrenamiento de los ingenieros y afianzar el conocimiento teórico lo cual en gran medida afecta favorablemente el desarrollo de las capacidades competitivas de los futuros ingenieros.

Una de las metodologías que más se acopla a las necesidades encontradas y a las características del modelo de enseñanza/aprendizaje propuesto es el Aprendizaje Basado en Problemas el cual entre sus mayores características, se resaltan:

- El alumno tiene la responsabilidad de aprender
- Los alumnos trabajan para resolver problemas, aplicando los conocimientos adquiridos, o generando nuevos conocimientos.
- Los alumnos aprenden en un ambiente colaborativo.

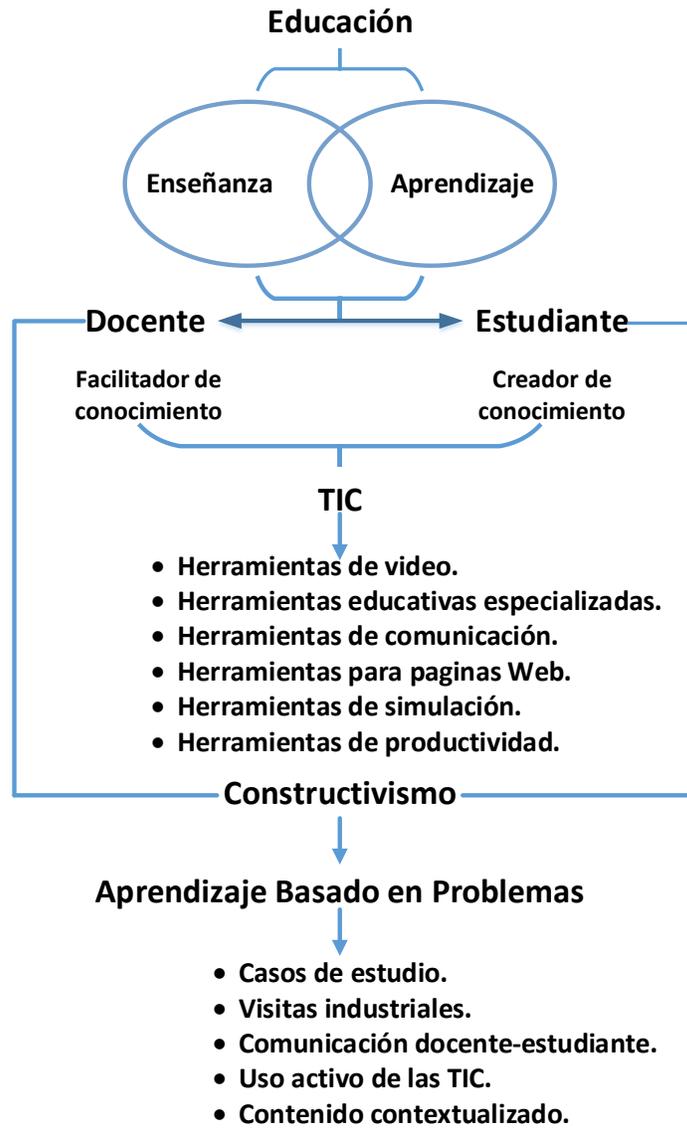
El modelo de enseñanza/aprendizaje planteado cuenta con las siguientes características:

- Aplicación del ABP
- Visitas industriales.
- Uso de textos guías acompañados con experiencia del docente en temas referentes a la GPO.
- Procesos de enseñanza/aprendizaje soportados en TIC, especialmente en el uso de la simulación y casos de estudio enmarcados en el ámbito nacional y regional.
- Creación del conocimiento por parte de los estudiantes.

El modelo propuesto se basa en una fuerte relación docente-estudiante, donde el docente tendrá el papel de facilitador del conocimiento mientras que el estudiante será el directo responsable de la creación de conocimiento, siendo el alumno una parte activa del proceso formativo. Este conocimiento se creará con diversas herramientas TIC (modelos de simulación, herramientas de comunicación, herramientas de video, entre otras).

Este modelo de enseñanza/aprendizaje se basa en el paradigma constructivista, haciendo uso del Aprendizaje Basado en Problemas, enfocando sus esfuerzos en el uso y apropiación de casos de estudio, visitas industriales, modelos de simulación, uso activo de las TIC, entre otras características que propicien el proceso de enseñanza/aprendizaje de la GPO en ingeniería química, usando las TIC como herramientas de soporte. En la figura 4-26 se puede ver un esquema del modelo de enseñanza/aprendizaje propuesto.

Figura 4-26: Modelo de enseñanza/aprendizaje planteado.



4.3 Asignatura propuesta.

La signatura propuesta tiene como objetivo, abordar temas relacionados con la GPO relevantes para los ingenieros químicos (tabla 4-2). Para la selección de temas se hizo un benchmarking en diferentes programas e ingeniería química a nivel mundial. En la tabla 4-1 se muestran algunas universidades, las asignaturas relacionadas con la GPO y algunos temas abordados en estas asignaturas.

Tabla 4-18: Benchmarking, GPO e ingeniería química, universidades asignaturas y contenidos (elaboración propia).

Universidad	Asignatura	Temas
Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. [61]	-Seminario de proyectos en ingeniería III.	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de mercado. - Localización de la planta. - Distribución o diseño de la planta. - Estudio de procesos técnicos. -Mano de obra. - Edificios industriales. - Recepción, almacenamiento y despacho de materiales. - Manejo de materiales. - Servicios a la planta y al personal. - Costos de la planta. - Evaluación financiera.
Universidad de Murcia (España). [62]	-Gestión de la producción.	<ul style="list-style-type: none"> - El sistema productivo. - Capacidad y localización de plantas. - Procesos y distribución de plantas. - La gestión de la calidad. - Gestión de inventarios y almacenes. -Planificación y control de la producción. -La gestión de proyectos. -La producción Just In Time.
Universidad de Cádiz (España) [63]	-Gestión de la producción	<ul style="list-style-type: none"> - Garantía y calidad de suministros. -La función de la producción. -Los flujos de materiales. -Planificación de la producción. -Preparación y fiabilidad de máquinas.
Stanford University [64]	-Entrepreneurship in Engineering & Science-based Industries	<ul style="list-style-type: none"> -Fundamentos de negocio -Creación de Nuevos Negocios -Retos y oportunidades en las organizaciones -Liderazgo de Nuevos Negocios -Dinámica de Equipos -Nuevos emprendimientos.

Tabla 4-1: Benchmarking, GPO e ingeniería química, universidades asignaturas y contenidos (elaboración propia continuación).

Universidad	Asignatura	Temas
Imperial College London [65]	-Business for engineers	- Ingeniería, ética y comportamiento del trabajo. - Evaluación económica de proyectos.
Universidad Católica de Chile [66]	-Introducción a la Economía	-Análisis económico. - La oferta, la demanda y el equilibrio de mercado. - Las estructuras de mercado. - La medición de la actividad económica. - Conceptos de crecimiento y política económica. - Conceptos básicos de la ingeniería económica
Universidad Autónoma de México [67]	-Teoría de la organización. -Fundamentos de administración. -Ingeniería económica. Diseño de procesos.	- Análisis económico. - Evaluación de proyectos. - Diseño de procesos.

Tabla 4-19: Ficha de asignatura propuesta.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA

FICHA DE ASIGNATURAS DE PREGRADO

Día Me Año
 s o

FECHA SOLICITUD:			
-------------------------	--	--	--

1. IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA	
1.1. CÓDIGO DE LA ASIGNATURA	
1.2. NOMBRE DE LA ASIGNATURA	Gestión de la Producción y Operaciones
1.3. SEDE	MANIZALES
1.4. FACULTAD	INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
1.5. UNIDAD ACADÉMICA BÁSICA (que ofrece la asignatura)	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
1.6. NIVEL	PREGRADO

HAP: Horas de Actividad Presencial a la semana o intensidad horaria

HAI: Horas de Actividad autónoma o Independiente a la semana

THS: Total Horas de actividad académica por Semana

Semanas: Número de semanas por periodo académico (o semestre)

2. DURACIÓN. <i>Por favor diligencie las celdas en azul</i>					
A LA SEMANA			AL SEMESTRE		CRÉDITOS
HAP	HAI	THS= HAP +HAI	No. de semanas	THP= THSxSemanas	No. de Créditos
3	5	8	16	128	3

3. VALIDABLE	
Asignatura no validable	
Asignatura NO validable	X

4. TIPO DE CALIFICACIÓN	
Numérica (de 0.0 a 5.0)	Las calificaciones de las asignaturas serán numéricas de cero (0.0) a cinco punto cero (5.0), en unidades y décimas.

5. PORCENTAJE DE ASISTENCIA						
%	20	Total de horas presenciales al semestre= HAP x Semanas		48	Mínimo de horas	10

6. PRERREQUISITOS – CORREQUISITOS DE LA ASIGNATURA			
La asignatura tiene prerequisites	X	La asignatura tiene correquisitos	X

6.1. *Liste por separado cada una de las asignaturas prerequisite o correquisito. Inserte tantos renglones como sea necesario.*

NOMBRE DE LA ASIGNATURA	NOMBRE DE LA ASIGNATURA	CÓDIGO
Prerequisite	Fundamentos de economía	4100921

9. PLANES DE ESTUDIO A LOS QUE SE ASOCIARÁ LA ASIGNATURA	Componente
Ingeniería Química	Fundamentación

NOMBRE DE LA AGRUPACIÓN	Componente
CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS	Fundamentación

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA

11. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
<p>La Gestión de la Producción y Operaciones (GPO) busca la construcción y la sostenibilidad continua de las capacidades competitivas en la unidad empresarial. Implica la comprensión del rol de todas las funciones organizacionales y en especial la producción como un sistema estratégico dentro de la empresa, y su contribución para enfrentar los actuales condicionamientos del entorno, que definen un nuevo patrón de mercado centrado en una mayor selectividad de los mercados y en la presión de estos por la protección del medio ambiente, y una mejor estructura de precios en los productos y servicios sin detrimento de la calidad. De esta manera, Esta asignatura está enfocada en el estudio de las decisiones que se toman en el área de producción de la empresa, teniendo en cuenta sus relaciones con otras áreas, y analizando algunas herramientas de planificación y control de la producción, indispensables para gestionar eficazmente la unidad de producción en varios niveles: táctico y estratégico.</p>

12. CONTENIDO	
12.1. CONTENIDO BÁSICO	12.2. CONTENIDO DETALLADO
Generalidades	Gestión de la Calidad
	Modelos de Calidad
	Costos de Producción

Sistemas de Producción/Operaciones	Gestión de producción/operaciones
	Decisiones estratégicas en la función de producción
	Prioridades Competitivas
	Sistemas de producción/Operaciones
	Clasificación de los sistemas de producción (por proceso, por producto)
	Sistemas de Producción Híbridos

Localización de planta	El problema de localización de planta
	Evaluación de factores en la localización de planta
	Estrategias de suministro y productos terminados
	Logística y transporte
	Tendencias Mundiales en Supply Chain Management
Distribución de planta	Generalidades
	Factores que intervienen en la distribución
	Distribución por posición fija
	Distribución por proceso
	Distribución por producto
	Distribución por células de trabajo
	Métodos cuantitativos para realizar la distribución de planta
Planeación, programación y control de la producción	Enfoque Jerárquico
	Sistema de empuje (push)
	Sistema de arrastre (pull)
	Planeación agregada de la producción
	programación maestra de la producción
	Gestión de Inventarios
	Determinación de la capacidad
	JIT
	CONWIP
	MRP y CRP
Enfoques modernos de la gestión de la producción	

13. OBSERVACIONES

14. BIBLIOGRAFÍA BÁSICA			
Autor (es)	Título	Editorial - País	Año
Lluis Cuatrecasas Arbós	Organización de la producción y dirección de operaciones	Ediciones Diaz de Santos	2014
Fernando D'Alessio Ipinza	ADMINISTRACIÓN DE LAS OPERACIONES PRODUCTIVAS. UN ENFOQUE EN PROCESOS PARA LA GERENCIA	PEARSON	2013
Fernando D'Alessio Ipinza	Administración de las Operaciones Productivas	PEARSON/CENTRUM Católica Graduate Business School	2012
Fausto Pedro García Marquez	Dirección y gestión de la producción	Marcombo Ediciones Técnicas	2012
David C. Bravo S. Carlos H. Sánchez L.	DISTRIBUCIÓN EN PLANTA Introducción al diseño de plantas industriales, conceptos y métodos cuantitativos para la toma de decisiones	Universidad Nacional de Colombia	2010
F. Robert Jacobs, William Lee Berry, David Clay Whybark, Thomas E. Vollmann	Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management	McGraw Hill,	2010
Chase, Richard; Jacobs, F. Robert; Aquilano, Nicholas J.	Administración de operaciones, producción y cadena de suministro	McGraw Hill, México	2009
Jay Heizer y Barry Render	Principios de Administración de Operaciones	Prentice Hall	2009
Fredy Becerra Rodríguez y otros	Gestión de la Producción: una aproximación conceptual	Universidad Nacional de Colombia unibiblos, Colombia	2008
Jay Heizer and Barry Render	DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y DE DECISIONES ESTRATÉGICAS	Prentice Hall	2007
Thomas E. Vollman	Planeación y control de la producción. Administración de la cadena de suministros	McGraw-Hill Interamericana	2006
JUAN JOSÉ MIRANDA MIRANDA	GESTIÓN DE PROYECTOS IDENTIFICACIÓN - FORMULACIÓN	MM Editores Colombia	2005

	EVALUACIÓN FINANCIERA – ECONÓMICA – SOCIAL – AMBIENTAL		
John Miltenburg	Manufacturing Strategy: How to Formulate and Implement a Winning Plan, Second Edition	Productivity Press	2005
Ballou, R.H.	Logística. Administración de la Cadena de Suministros	Pearson Prentice Hall. México	2004
Blanchard, Benjamin S.	Logistics engineering and Management		2004
Domínguez Machuca, J.A y otros	Dirección de Operaciones. Aspectos estratégicos en la producción y en los servicios	McGraw Hill, España	1995

4.4 Conclusiones parciales.

- En muchos programas de ingeniería química a nivel mundial se han implementado cursos que abordan temas relacionados con la GPO, donde se resalta la importancia de estos temas para el desarrollo profesional de los ingenieros químicos, ya que estos hacen parte fundamental del desarrollo de la sociedad, con los retos, ventajas y desventajas que esto implica.
- Gracias al enfoque de ABP se desarrollaron diversas herramientas de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la GPO, con un enfoque práctico y aplicado a la ingeniería química. Estas herramientas han tenido bastante aceptación tanto por estudiantes, como docentes y egresados.
- Variables clave como la contextualización del conocimiento utilizando diferentes herramientas como las visitas industriales, la comunicación docentes-estudiantes, las herramientas TIC y la metodología de enseñanza/aprendizaje, afectan fuertemente la formación de los futuros ingenieros y su desempeño profesional, en función de estas variables principales se debe construir una metodología de enseñanza/aprendizaje, la cual como único propósito tiene la formación de ingenieros con la capacidad de enfrentar los retos que trae la ingeniería química en la actualidad.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

5.1 Herramientas de enseñanza/aprendizaje desarrolladas.

Para el proceso de enseñanza/aprendizaje de la GPO se desarrolló una propuesta de asignatura donde se abordan estos temas enfocados a la Ingeniería química. Adicionalmente se desarrollan varias herramientas, las cuales están diseñadas para que los estudiantes interactúen y afiancen los conocimientos relacionados con la GPO.

Se destaca que todas las herramientas están diseñadas y enfocadas para aplicar el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) donde los estudiantes tendrían un mayor acercamiento a los problemas que pueden enfrentar en su vida profesional.

5.1.1 Sitio web desarrollada.

Se desarrolla un sitio web donde se alojan las herramientas desarrolladas, ejercicios con estas herramientas, manuales de usuario y otra información importante relacionada con la investigación. Las herramientas alojadas en la web son:

- Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol (herramienta diseñada para facilitar el aprendizaje de la distribución en planta y su importancia en los procesos productivos).
- Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un proceso de producción de jabón (herramienta diseñada para facilitar el aprendizaje del manejo de inventarios, cadenas logísticas, y su importancia en los procesos productivos).
- Herramienta para el entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con la localización de planta.
- Modelo de entrenamiento para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de producción y operaciones de un proceso de producción de cerveza (herramienta diseñada para facilitar el aprendizaje del manejo de inventarios, costos de producción, eficiencia de los procesos, planeación de la producción, y su importancia en los procesos productivos).

El link de la página es <https://modelogpoeniq.wordpress.com/> También se puede acceder desde cualquier dispositivo móvil en la versión adaptada para Tablet, iPad, iPhone y Android de la página web desde el siguiente código QR.

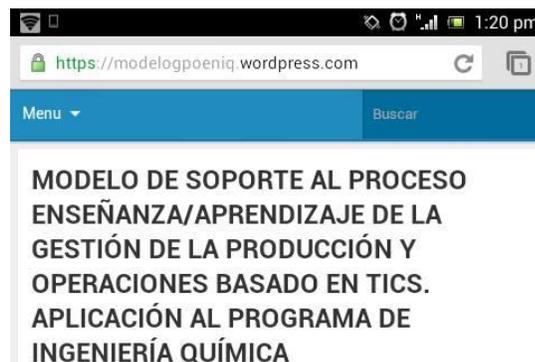
Figura 5-1: Código QR, acceso a la página web desarrollada.



Figura 5-2: Página web desarrollada en su versión para pc.



Figura 5-3: Página web desarrollada en su versión móvil.



5.1.2 Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol.

El modelo de decisión desarrollado permite a los estudiantes de ingeniería química entrenarse para la toma de decisiones en temas relacionados con la GPO dado que la simulación permite experimentar con una abstracción de un proceso real sin afectarlo ni correr con los riesgos y costos que esto conlleva.

El modelo de entrenamiento en toma de decisiones representa un proceso típico de fabricación de bioetanol a partir de caña de azúcar, donde los usuarios finales (estudiantes) pueden manipular algunas variables relacionadas con la GPO del sistema (distribución de planta, capacidad de equipos, entre otras) y evaluar como los cambios en estas variables afectan el proceso productivo [8]. La herramienta fue desarrollada en el software flexsim, el cual es un sistema de simulación de procesos de producción y de servicios.

Figura 5-4: Representación conceptual del modelo de simulación [8].

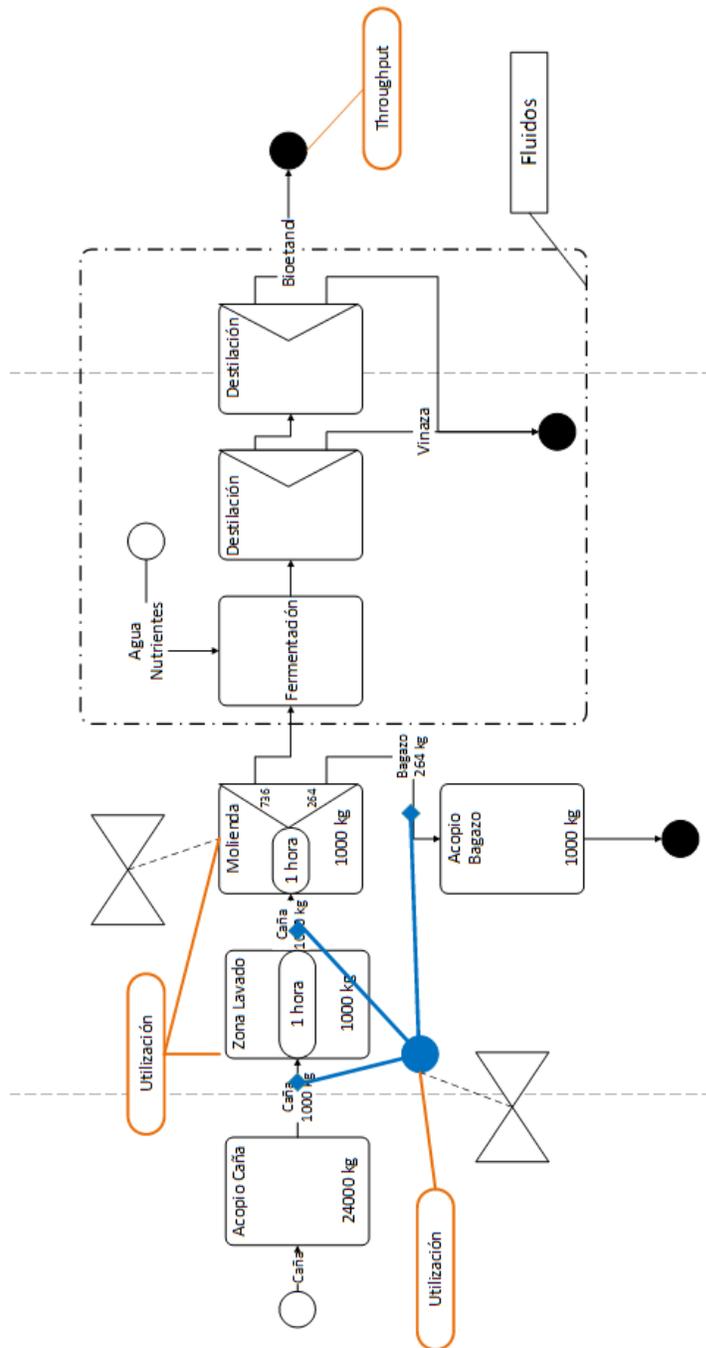


Figura 5-5: Vista del modelo de simulación del proceso de producción de bioetanol.

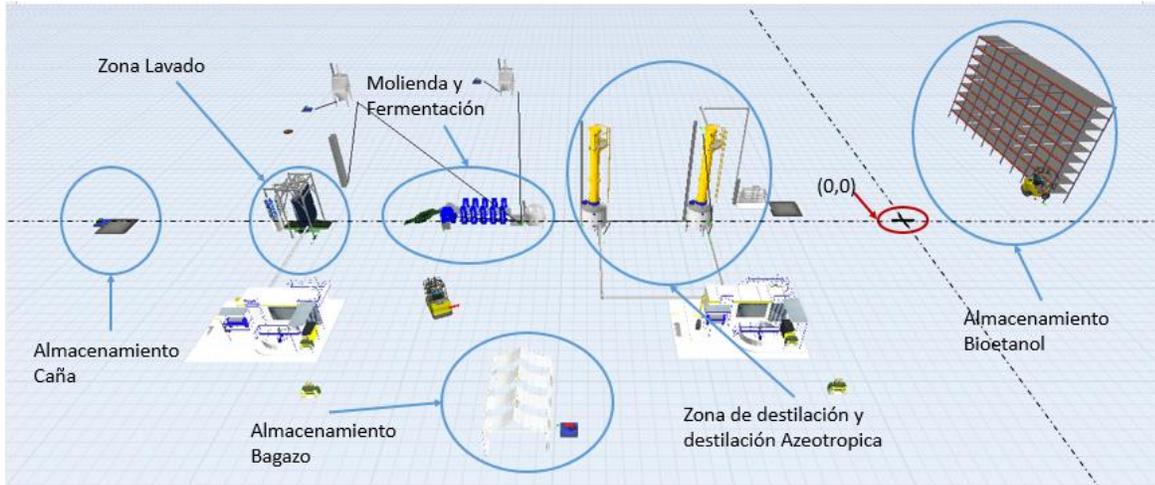
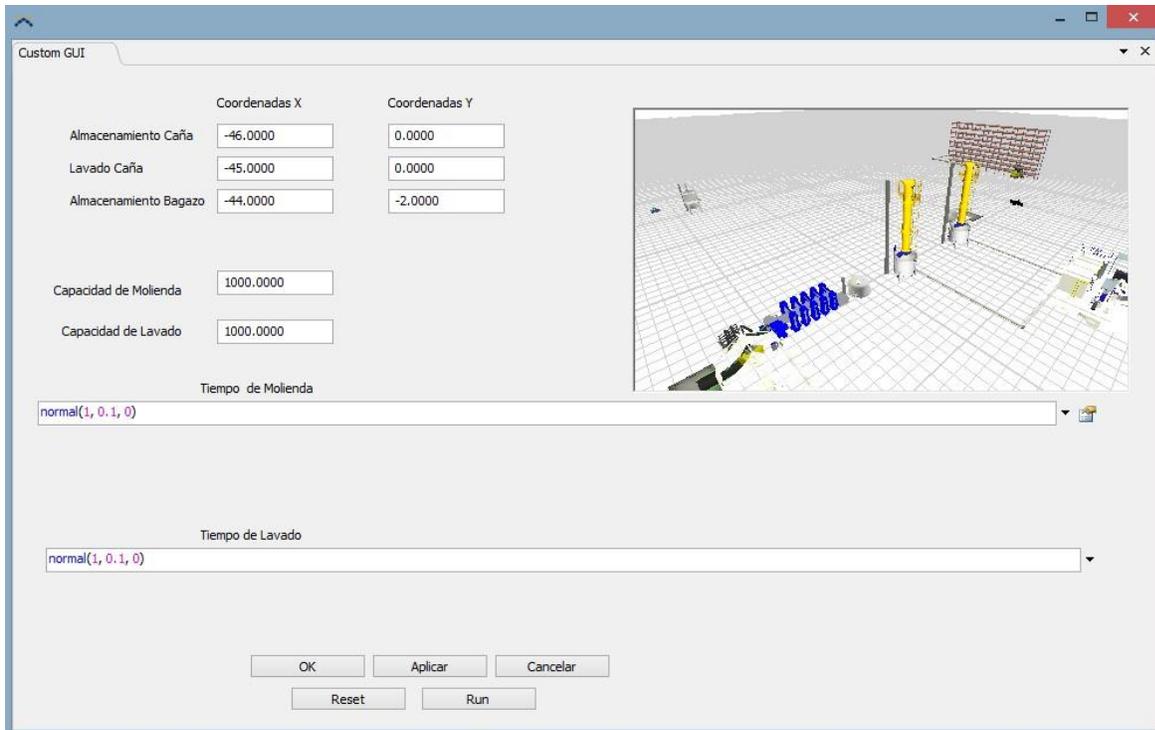


Figura 5-6: Interfaz gráfica de la herramienta desarrollada en el software flexsim.



Los usuarios finales pueden manipular algunas variables del sistema y ver en tiempo real como estas variables (relacionadas con la (GPO) afectan el sistema productivo. Las variables modificables se encuentran descritas en la tabla 4-3.

Tabla 5-1: Variables modificables en el modelo de producción de bioetanol, y sus unidades de medida.

Descripción de la Variable	Unidad de Medida
Coordenada x zona de almacenamiento de caña	Metros (m)
Coordenada y zona de almacenamiento de caña	Metros (m)
Coordenada x zona de lavado de caña	Metros (m)
Coordenada y zona de lavado de caña	Metros (m)
Coordenada x zona de almacenamiento de bagazo	Metros (m)
Coordenada y zona de almacenamiento de bagazo	Metros (m)
Capacidad Molienda	Kilogramos (Kg)
Capacidad zona lavado de caña	Kilogramos (Kg)
Tiempo de molienda	Horas (h)
Tiempo lavado de caña	Horas (h)

La herramienta está alojada en la web desarrollada donde se puede acceder a mayor información, manual de usuario y ejercicios propuestos.

5.1.3 Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un proceso de producción de jabón.

Esta herramienta desarrollada permite al usuario final interactuar con un sistema real de producción de jabón. En esta herramienta el usuario final no solo interactúa con el proceso de producción sino también tiene la posibilidad de interactuar con el proceso completo, desde la relación con los proveedores de materia prima, hasta los pedidos con los clientes [7]. La herramienta fue desarrollada en el software flexsim, el cual es un sistema de simulación de procesos de producción y de servicios.

Los usuarios finales pueden manipular algunas variables del sistema y ver en tiempo real como estas variables (relacionadas con la (GPO) afectan el sistema productivo. Las variables modificables se encuentran descritas en la tabla 4-4.

La herramienta se encuentra alojada en la web desarrollada donde se puede acceder a mayor información, manual de usuario y ejercicios propuestos.

Figura 5-7: Cadena logística típica de un proceso de producción de jabón.

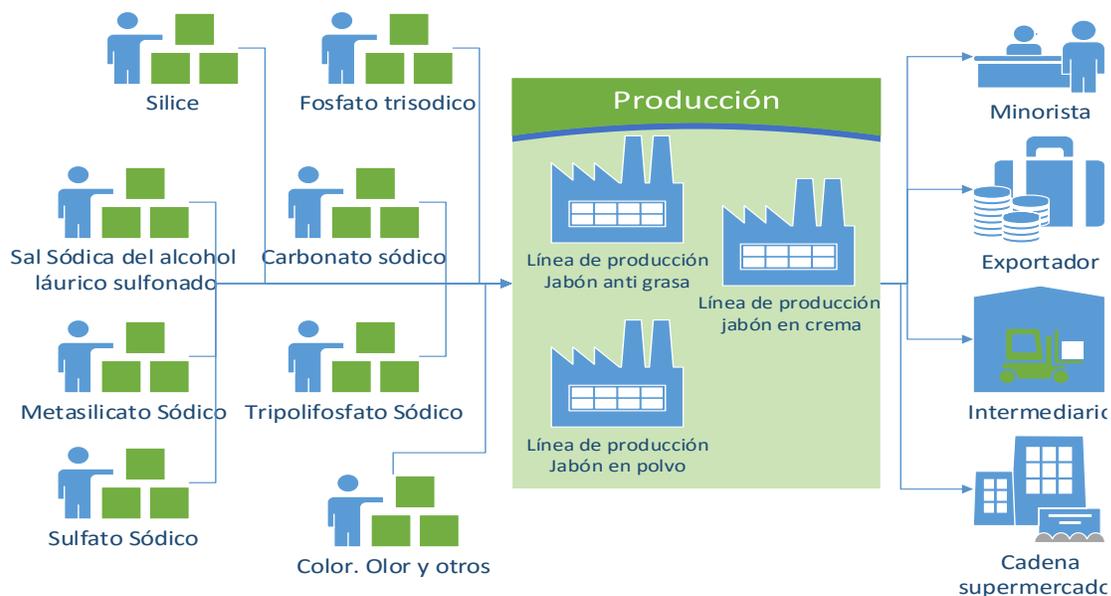


Figura 5-8: Representación conceptual del modelo de simulación [7].

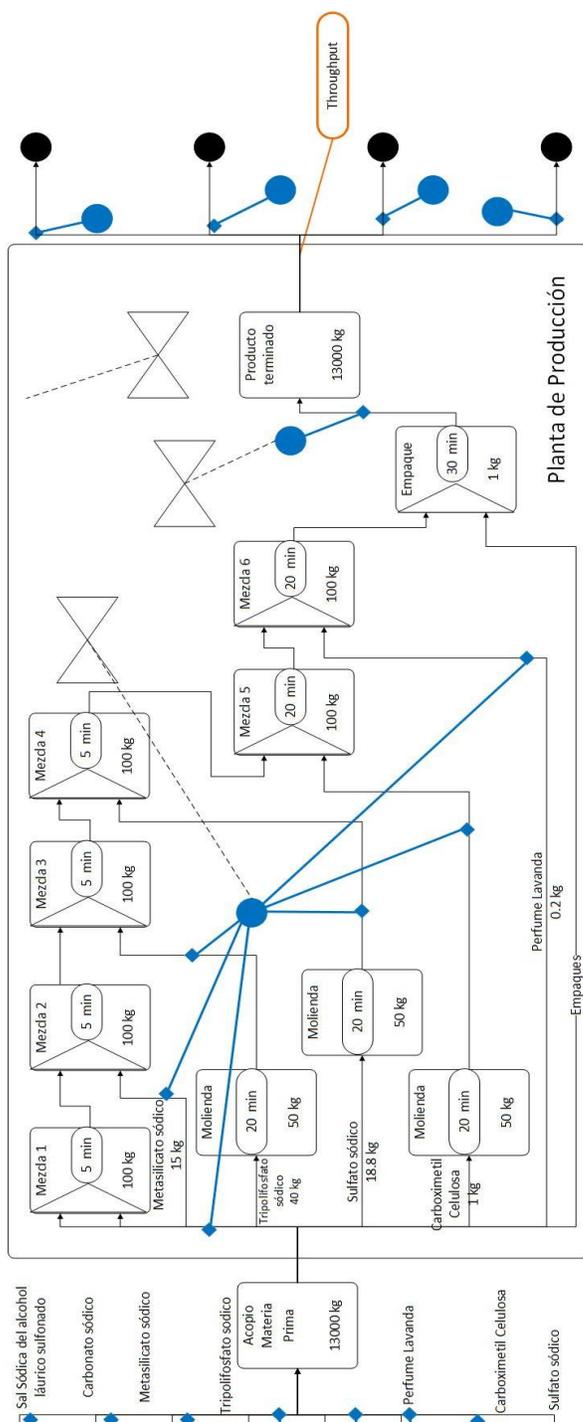


Figura 5-9: Representación gráfica del modelo de simulación.



Tabla 5-2: Variables de decisión y niveles de operación del modelo de producción de jabón.

<i>Variable respuesta</i>	<i>Var.</i>	<i>Descripción de la variable de decisión</i>	<i>Unidad</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>
y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)	$x_{1,1}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg	Kg	9000	18000
	$x_{2,1}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg	Kg	2000	4000
	$x_{3,1}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,1}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	15	30
	$x_{5,1}$	Tiempo de empaque maquina 1kg	Min	0.05	0.1
y_2 (Producción jabón anti grasa 2kg)	$x_{1,2}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 2 kg	Kg	9000	18000
	$x_{2,2}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 2 kg	Kg	2000	4000
	$x_{3,2}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,2}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	15	30
	$x_{5,2}$	Tiempo de empaque maquina 2kg	Min	0.05	0.1
y_3 (Producción jabón en crema)	$x_{1,3}$	Stock reorden Sílice jabón en crema	Kg	9000	18000
	$x_{2,3}$	Stock reorden Color y Olor jabón en crema	Kg	200	400
	$x_{3,3}$	Stock reorden Empaques jabón en crema	Kg	2000	4000
	$x_{4,3}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{5,3}$	Tiempo Empaque jabón en crema	Min	0.00 5	0.01
y_4 (Producción jabón en polvo)	$x_{1,4}$	Stock reorden Tripolifosfato Sódico jabón en polvo	Kg	700	1400
	$x_{2,4}$	Stock reorden Empaques jabón en polvo	Kg	2000	4000
	$x_{3,4}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,4}$	Tiempo de mezclado olor y color jabón en polvo	Min	20	40
	$x_{5,4}$	Tiempo de empaque jabón en polvo	Min	0.05	0.1

Figura 5-10: Interfaz Gráfica de Usuario desarrollada en Excel.

PRODUCCIÓN JABÓN ANTI GRASA 1 kg y 2 kg

Tiempo Molino Silice	30
Tiempo Mezclador Silice-sulfato tric. X 4.2 X 4.1	15
Tiempo Mezclador silice, trifosfato, sal sodica	20
Tiempo Empaque 1kg X 5.1	0.05
Tiempo Empaque 2 kg X 5.2	0.05

PRODUCCIÓN JABÓN EN POLVO

Tiempo Mezcladora sal sodica-carbonato sodico	5
Tiempo Mezcladora metasilicato	5
Tiempo Molino tripolifosfato	20
Tiempo Mezcladora tripolifosfato	5
Tiempo Molino sulfato sodico	20
Tiempo Mezclador sulfato sodico	5
Tiempo Molino Carboximetil celulosa	20
Tiempo Mezclador Carboximetil celulosa	20
Tiempo Mezclador color y color X 4.4	20
Tiempo Empaquejabón en polvo X 5.4	0.05

PARAMETROS DE OPERACION DEL SISTEMA SIMULADO

Numero de Montacargas: 10 X 3.1 X 3.2 X 4.3 X 3.4

FORMULACIÓN DE PRODUCTOS

Jabón anti grasa de 1kg y 2 kg

Silice	100
Fosfato trisódico	30
Sal Sódica del alcohol láurico sulfonado	5
Jabón en Polvo	
Sal Sódica del alcohol láurico sulfonado	5
Carbonato sódico	20
Metasilicato Sódico	15
Tripolifosfato Sódico	40
Sulfato Sódico	19
Color y olor	1
Carboximetil Celulosa	1

STOCK DE REORDEN MATERIA PRIMA (Kilogramos)

Fosfato trisódico	9000
Sal sodica	2500
Empaques	5000
Color y olor	200
Carbonato sódico	700
Metasilicato Sódico	700
Tripolifosfato Sódico	700
Sulfato Sódico	700
Carboximetil Celulosa	700

DEMANDA DE PRODUCTOS

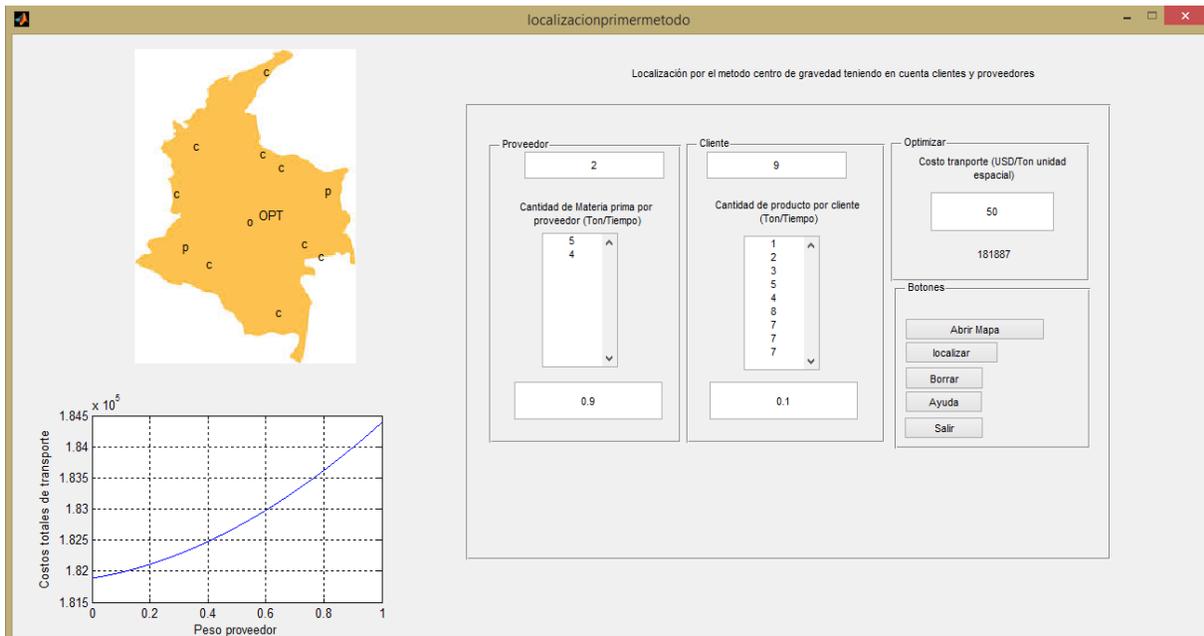
Jabón Antigrasa 1kg	400	350	500	750
Jabón Antigrasa 2kg	500	100	300	425
Medallin	600	150	200	50
Buenaventu	300	200	900	75
TOTAL	1800	700	1900	1300

5.1.4 Herramienta para el entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con la localización de planta.

Herramienta pensada para facilitar el aprendizaje de la localización de plantas. En esta herramienta intervienen variables como cantidad de materia prima por proveedores, costo de transporte, número de clientes y cantidades a enviar. Las cuales afectan fuertemente la ubicación de plantas. El software fue desarrollado en Matlab.

Para el desarrollo de esta herramienta se hizo una modificación del método de centro de gravedad y luego una interfaz gráfica en Matlab para que los estudiantes puedan cargar un mapa y en este mapa ubicar la planta.

Figura 5-11: GUI herramienta desarrollada para la localización de planta (elaboración propia).



La herramienta está alojada en la web desarrollada donde se puede acceder a mayor información, manual de usuario y ejercicios propuestos.

5.1.5 Modelo de entrenamiento para la toma de decisiones relacionadas con la gestión de producción y operaciones de un proceso de producción de cerveza.

Modelo desarrollado con el fin de abordar gran cantidad de temas propuestos en la asignatura relacionada con la GPO.

Se desarrollan diferentes instancias, cada una está relacionada con un tema de la asignatura, facilitando así el entendimiento de varios temas, y resaltando como la GPO afecta en gran medida un proceso productivo. La herramienta fue desarrollada en el software promodel, el cual es un sistema de simulación de procesos de producción y de servicios.

La herramienta está alojada en la web desarrollada donde se puede acceder a mayor información, manual de usuario y ejercicios propuestos.

Figura 5-12: Representación conceptual del modelo de simulación.

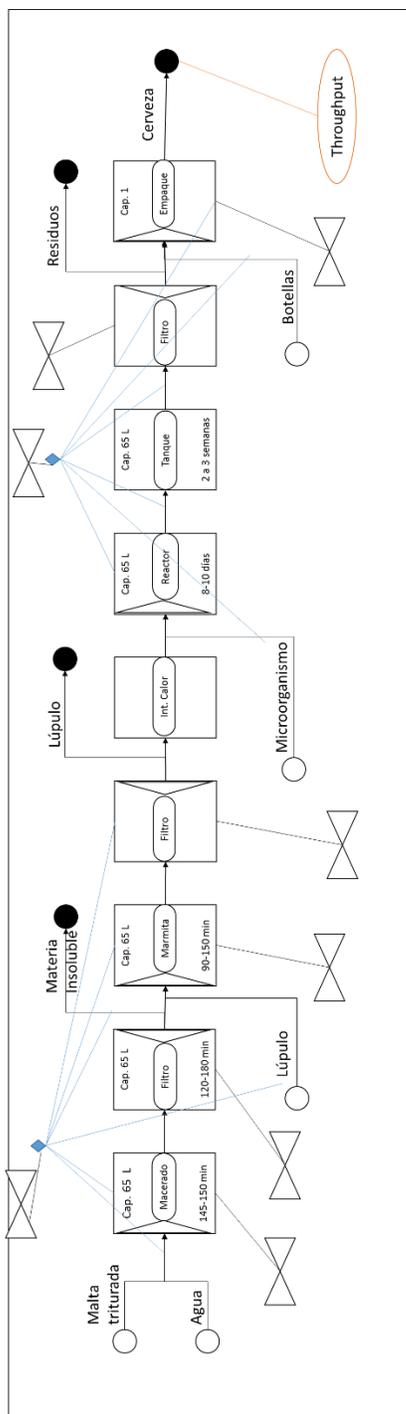


Figura 5-13: Vista del modelo de simulación.

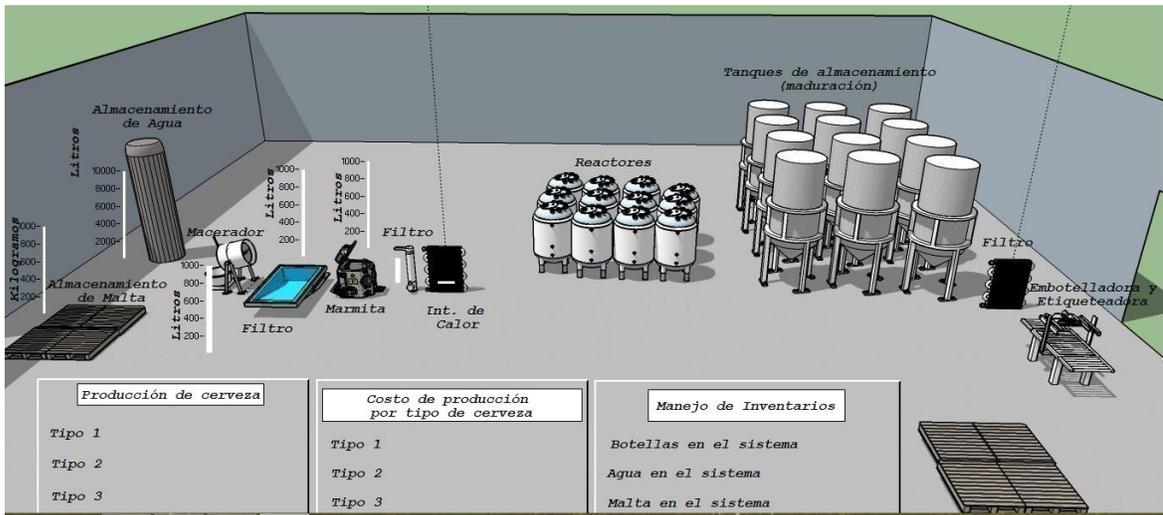


Figura 5-14: Interfaz Gráfica de Usuario desarrollada en Excel.

VARIABLE DE DECISIÓN	VALOR
Tamaño de lote (litros)	500
Cantidad de lotes tipo 1	10
Cantidad de lotes tipo 2	3
Cantidad de lotes tipo 3	10
Numero de reactores	15
Numero de tanques de almacenamiento	30
Numero de empacadoras	1
Numero de operarios para el empaque	1
Tiempo de entrega de pedidos en dias	365
Orden para realizar los productos	3
Cantidad de malta a solicitar	500
Cantidad de agua a solicitar	5000
Cada cuanto se solicita la materia prima (en minutos)	5760
Tamaño de cerveza en ml	833,3333333
Numero de cervezas por lote	600
Numero de montacargas transporte producto terminado	1
Numero etiquetadoras	1
Tiempo fermentación cervezatiipo1 (en dias)	8
Tiempo fermentación cervezatiipo2 (en dias)	15
Tiempo fermentación cervezatiipo3 (en dias)	20
Tiempo maduración cervezatiipo1 (en dias)	15
Tiempo maduración cervezatiipo2 (en dias)	20
Tiempo maduración cervezatiipo3 (en dias)	25
Cantidad de botellas a solicitar	4100
Numero de pedidos	11
Momento del primer pedido de botellas	10 day
Frecuencia entre pedidos de botellas	1 day

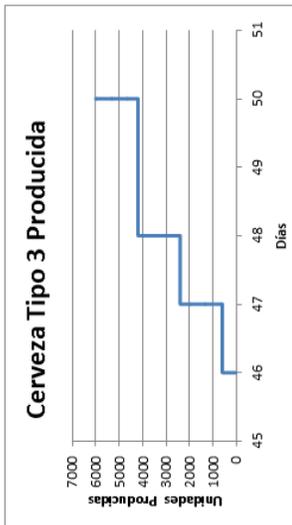
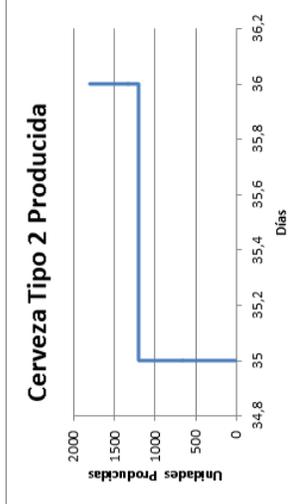
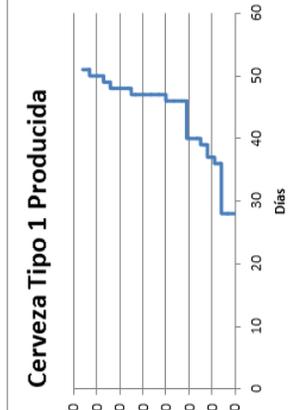
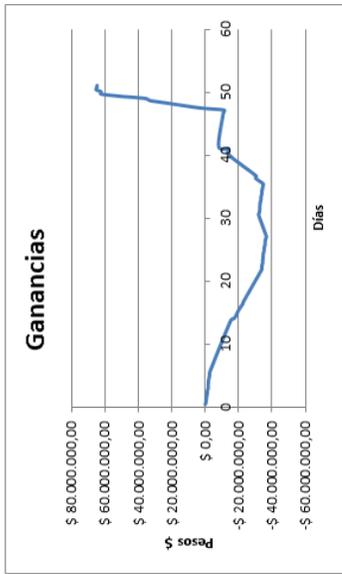
Menú Principal

Guardar parametros

No. ORDEN	ORDEN DE FERMENTACIÓN TIPO CERVEZA
1	1 2 3
2	1 3 2
3	2 3 1
4	3 2 1
5	2 1 3
6	3 1 2

Figura 5-15: Interfaz de resultados desarrollada en Excel.

MEDIDAS DE DESEMPEÑO	VALOR
Costo Total de producción	\$ 48.696.151,00
Ganancias Totales	\$ 64.703.849,00
Producción Cerveza Tipo 1	11400
Producción Cerveza Tipo 2	1800
Producción Cerveza Tipo 3	6000
Costo de producción Cerveza Tipo 1 (PE)	\$ 2.764,05
Costo de producción Cerveza Tipo 2 (PE)	\$ 13.731,70
Costo de producción Cerveza Tipo 3 (PE)	\$ 2.536,26
Tiempo real de producción	51
Tiempo Estimado de Producción	365
Eficiencia en la entrega	86%



5.2 Divulgación del conocimiento.

Durante el desarrollo del proyecto de maestría se presentaron algunos resultados parciales a la comunidad académica como se muestra a continuación.

5.2.1 Artículos científicos publicados.

Figura 5-16: Artículos producto de la investigación



- **Modelo de Predicción de Costos en Servicios de Salud Soportado en Simulación Discreta [9].**

Este artículo fue desarrollado en el proceso de búsqueda y planteamiento del problema de investigación. Su publicación se realizó en la revista Información Tecnológica, Indexada en la categoría A1 de Colciencias.

Resumen.

Se ha desarrollado un modelo de apoyo a la toma de decisiones sobre los costos de prestación de servicios de salud. Se usa simulación discreta, evaluando diferentes escenarios de prestación de servicios de una Entidad Prestadora de Servicios de Salud (EPS): consulta médica general, urgencias, hospitalización y enfermedades catastróficas, entre otros. El modelo se realizó para que una EPS típica simule el costo de prestación de servicios por un año, a partir de indicadores tomados de estadísticas de salud del orden nacional cuyos valores fueron ajustados al comportamiento específico de la EPS. Los resultados obtenidos con el modelo permitieron determinar que el enfoque de cálculo de costos es efectivo, y que los promedios nacionales de ciertos parámetros deben ser modificados para cada caso. De otra forma se pueden producir errores importantes en el presupuesto al no incluir la variación en estos parámetros.

Palabras clave: simulación discreta, soporte a decisiones, servicios de salud, costos en salud

- **Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol [8].**

Su publicación se realizó en la revista Iteckne, la cual está indexada en la categoría B de Colciencias.

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación fue desarrollar un modelo de decisión para que estudiantes de Ingeniería Química se entrenen en la toma de decisiones relacionadas con la Gestión de la Producción y las Operaciones (GPO). El modelo está soportado en simulación discreta, y mediante este los usuarios pueden plantear diferentes escenarios de operación de un proceso típico abordado por la ingeniería química, como lo es la producción de bioetanol a partir de caña de azúcar, y evaluar cómo estos escenarios afectan el nivel de producción. Se espera que el modelo sea utilizado en el entrenamiento de futuros ingenieros químicos en toma de decisiones sobre GPO, para facilitar la experimentación con un sistema real mediante su simulación. Se concluye la importancia del uso de la simulación en los procesos formativos, mediante modelos y herramientas construidos entre docentes y estudiantes, que permitan romper con las barreras espaciales, temporales y de costo al experimentar con sistemas reales y así fomentar la formación en ambientes virtuales de aprendizaje.

Palabras clave: Gestión de la producción y operaciones, modelo de decisión, proceso enseñanza-aprendizaje, simulación, sistema de producción de bioetanol.

- **Modelo Didáctico en Toma de Decisiones relacionadas con la Gestión de Producción y Operaciones (GPO). Aplicación en Ingeniería Química [7].**

Artículo en impresión en la revista Formación Universitaria, la cual está indexada en la categoría A1 de Colciencias.

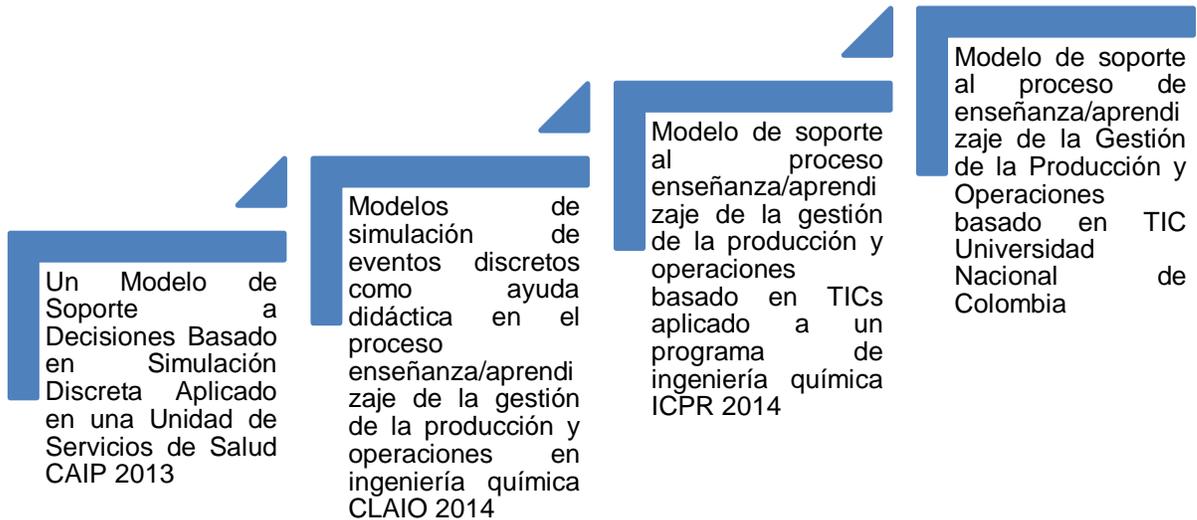
Resumen.

Se desarrolló una herramienta de entrenamiento para estudiantes de ingeniería química con el fin de propiciar un ambiente de aprendizaje apropiado en toma de decisiones relacionadas con la GPO. Esta herramienta esta soportada en simulación de eventos discretos, mediante la cual los usuarios finales pueden plantear diferentes escenarios de operación del proceso de producción (producción de jabón) y evaluar como estos afectan el desempeño del sistema en términos de nivel de producción alcanzado. La herramienta desarrollada no solo aborda la producción de jabón, sino también tiene en cuenta la distribución de materias primas para el proceso y la distribución de productos terminados entre otras decisiones abordadas por la GPO. Como conclusión se destaca la relevancia de la simulación en los procesos de enseñanza/aprendizaje sobre todo en temas relacionados con la GPO, con el fin de formar mejores ingenieros, capaces de afrontar los retos de la ingeniería moderna.

Palabras clave: Herramienta de Entrenamiento en Toma de Decisiones, Gestión de la Producción y Operaciones, Ingeniería Química, Simulación de Eventos Discretos.

5.2.2 Ponencias presentadas en eventos académicos de orden nacional e internacional.

Figura 5-17: Ponencias presentadas producto de la investigación.



- **Un Modelo de Soporte a Decisiones Basado en Simulación Discreta Aplicado en una Unidad de Servicios de Salud.**

Ponencia presentada en el 11° Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos, el cual se desarrolló en la ciudad de Lima-Perú.

Resumen.

En los últimos años, la crisis en el sector salud en Colombia se ha incrementado, cientos de pacientes deben hacer largas filas para la atención desde tempranas horas de la mañana, demasiadas quejas con respecto a demoras en la atención, muchos servicios no pueden ser prestados por problemas en la planificación/asignación de recursos, entre otros, son algunos de los problemas que deben enfrentar los usuarios a la hora de requerir atención.

Para el caso de investigación se tiene como objeto de estudio a UNISALUD (E. P. S.: entidad promotora de salud, adscrita a la Universidad Nacional de Colombia), que hace parte del sistema de salud colombiano. En el informe de gestión 2012 de dicha entidad, se hace un análisis completo del funcionamiento de esta E. P. S., destacándose algunas problemáticas relacionadas con decisiones en la planeación y asignación de recursos en la atención a los usuarios.

Los sistemas de atención a pacientes se caracterizan por exhibir en su operación alta variabilidad, además de presentar múltiples interacciones entre: pacientes, equipo médico y otros recursos, lo cual aumenta su grado de complejidad. Dicha complejidad es difícil modelarla con matemática analítica, por lo que en este estudio se propone el empleo de técnicas de simulación discreta que recrean el comportamiento del sistema de forma más precisa y acorde con la realidad. En una revisión muy preliminar de la literaturala, autores como Thorwarth y Arisha (Thorwarth & Arisha, 2012), Anthony Virtue, Thierry Chaussalet John Kelly (Virtue, Chaussale, & Kelly, 2011) han trabajado la simulación para sistemas de salud, específicamente en la atención de pacientes. Con nuestra investigación se pretende desarrollar un modelo prescriptivo de gestión de la planificación/asignación de recursos con el fin de mejorar la prestación de servicios. En la Tabla 1 se hace una descripción general de la problemática encontrada.

SÍNTOMAS	POSIBLES CAUSAS	PRONÓSTICO	CONTROL DEL PRONÓSTICO
<ul style="list-style-type: none"> -Demasiado tiempo de espera para la atención -Largas colas para la atención -Problemas en la planeación de la atención. 	<ul style="list-style-type: none"> -Número insuficiente de prestadores del servicio -Problemas de planeación con respecto a los recursos disponibles. -Capacidad insuficiente para la atención 	<ul style="list-style-type: none"> -La EPS presentara perdida de pacientes por migración a otras entidades que presten mejor atención. -La EPS perderá credibilidad frente a futuros pacientes. -La EPS presentara retrasos y colas en la atención de los pacientes 	<ul style="list-style-type: none"> - Diseño/construcción de mejores herramientas de decisión para la gestión de la planificación/asignación de recursos de una EPS.

Tabla 1. Panorama general para el análisis de las problemáticas principales

Referencias.

Thorwarth, M., & Arisha, A. (2012). A Simulation-based Decision Support System to Model Complex Demand Driven Healthcare Facilities. Winter Simulation Conference. Berlin.

Unisalud. (2012). Informe de Gestion 2012. Bogotá D.C.

Virtue, A., Chaussale, T., & Kelly, J. (2011). Using Simplified Discrete-Event Simulation Models for Health Care Applications. Winter Simulation Conference, (págs. 1154-1165). Phoenix.

- **Modelos de simulación de eventos discretos como ayuda didáctica en el proceso enseñanza/aprendizaje de la gestión de la producción y operaciones en ingeniería química.**

Ponencia aceptada para presentación en el XVII Latin-Iberian-American Conference on Operations Research (CLAIO), en la ciudad de Monterrey – México.

Resumen.

Con la presente ponencia se busca establecer la importancia de los modelos de simulación de eventos discretos como herramienta didáctica en los procesos Enseñanza/Aprendizaje de la Gestión de la Producción y Operaciones (GPO) específicamente en programas de ingeniería química y plantear algunos modelos como ayuda didáctica para estos procesos formativos. Para la investigación se desarrollaron cuatro instrumentos de recolección de datos los cuales fueron aplicados a docentes, estudiantes y egresados del programa de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales y a docentes de la Especialización en Dirección de Producción y Operaciones de la misma Universidad. Los resultados de la investigación muestran como las nuevas tecnologías y en especial la simulación de eventos discretos son esenciales como soporte en los procesos formativos. Por otro lado se desarrollaron diferentes modelos de simulación donde se aplican temas de la GPO.

- **Modelo de soporte al proceso enseñanza/aprendizaje de la gestión de la producción y operaciones basado en TICs aplicado a un programa de ingeniería química.**

Ponencia presentada en el 7th International Conference on Production Research / American Region, el cual se desarrolló en la ciudad de Lima-Perú.

Resumen.

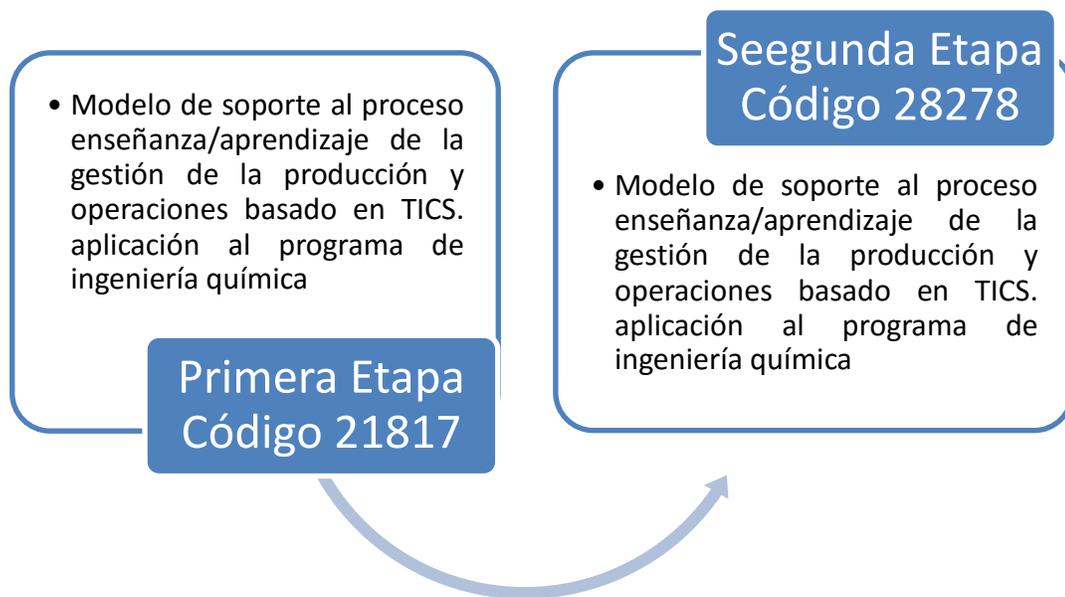
La presente ponencia tiene como objetivo proponer un modelo de soporte al proceso de Enseñanza/Aprendizaje de la GPO (Gestión de la Producción y Operaciones) aplicado a un programa de ingeniería química, donde las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) hacen parte fundamental de este modelo de proceso formativo. Se realizó una investigación preliminar donde se evaluó la necesidad de profundizar en temas referentes a la GPO en Ingeniería química, luego se propusieron algunas variables que afectan los procesos formativos y se realizó una segunda investigación en la cual se identificaron la relación entre las variables propuestas y los factores que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje. Los resultados obtenidos muestran la necesidad que

ven los ingenieros químicos de profundizar en temas referentes a la GPO y soportar los procesos formativos con herramientas basadas en TIC. El presente trabajo concluye resaltando la importancia de la GPO en Ingeniería química y la necesidad de desarrollar herramientas de soporte a los procesos formativos, basadas en TIC y desarrolladas para suplir las necesidades propias del país.

Palabras clave: Proceso de Enseñanza/Aprendizaje, Gestión de la Producción y Operaciones, TIC, Ingeniería Química

5.2.3 Proyectos de investigación.

Figura 5-18: Proyectos desarrollados en el marco de la investigación.



En el marco de la convocatoria del programa nacional de apoyo a estudiantes de posgrado para el fortalecimiento de la investigación, creación e innovación de la universidad nacional de Colombia 2013-2015 de la Universidad Nacional de Colombia, se presentó el proyecto “Modelo de soporte al proceso enseñanza/aprendizaje de la gestión de la producción y operaciones basado en TICS. Aplicación al programa de ingeniería química” en su primera etapa. Para continuar con el proyecto, se presentó a la misma convocatoria ofertada por la Universidad nacional de Colombia donde el proyecto fue ganador y se continuó con la etapa final de la investigación.

5.3 Hipótesis.

En este apartado se presenta el resumen de las hipótesis planteadas y su comprobación.

- **Cuando los temas tratados en las asignaturas de GPO se contextualizan con la actualidad profesional, aumenta el nivel de enseñanza por parte de los docentes pues los estudiantes se ven más receptivos.**

Esta hipótesis es ampliamente verificada, la contextualización de los temas y la aplicación de herramientas y metodologías como los casos de estudio hacen que todos los participantes del proceso formativo (docentes y dicentes) se involucren activamente en los procesos de enseñanza/aprendizaje.

- **El uso constante de TIC aumenta el nivel de enseñanza por parte de los docentes.**

Las herramientas TIC facilitan los procesos de enseñanza/aprendizaje, sirven de soporte facilitando la labor del docente. Aunque para esto es necesario plantear nuevas metodología de enseñanza/aprendizaje que involucren activamente a las TIC sacando mayor provecho a sus características.

- **El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por el uso de las TIC constantemente.**

Esta hipótesis es ampliamente verificada. En la herramienta desarrollada para la comprobación de hipótesis, el 100% de los encuestados señalan que las TIC aportan de manera positiva a su proceso formativo, por otro lado, el 90% de los encuestados señalan la necesidad de profundizar en el uso de herramientas TIC de forma intensiva en los procesos formativos. En resumen, la investigación señala que las TIC influyen fuertemente el proceso de aprendizaje. Esto es acorde con lo que dice [57], El uso de las TIC ha impactado fuertemente los sistemas educativos, y gracias a esto es necesario considerar la forma en que los estudiantes aprenden gracias al uso de estas herramientas.

- **Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería.**

Para esta hipótesis, la investigación nos muestra que las TIC son un factor importante en la preparación de los profesionales, el uso intensivo de estas herramientas ayuda a preparar mejor a los ingenieros para enfrentar los retos actuales de la ingeniería como lo expresan el 100% de los encuestados, aunque también se resalta que las TIC es uno de muchos factores que influyen la formación de ingenieros preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería

- **Cuando los temas tratados en clases de GPO y las expectativas profesionales son acordes con la realidad profesional se evidencia el aumento en la preparación y el desempeño profesional de los futuros ingenieros.**

Aunque los temas relacionados con la GPO son importantes para la ingeniería química, no todos los ingenieros tienen el mismo perfil. Y aunque mayoritariamente los encuestados vieron afinidad con esta hipótesis, el 25% desestiman la GPO como fuente de ventaja al momento de enfrentar los nuevos retos profesionales que trae la ingeniería.

- **Los casos de estudio son fundamentales para el buen desempeño de los estudiantes en su aprendizaje.**

Para esta hipótesis se concluye que los casos de estudio son importantes en los procesos formativos, esta afirmación la respalda la encuesta realizada, donde el 95% coinciden con la relevancia del uso de casos de estudio para la contextualización y el aumento de aprendizaje, también señalan que es necesario aumentar estos casos de estudio en las asignaturas relacionadas con la GPO. Se resalta que alrededor del 95% de los encuestados señalan que los casos de estudio han influenciado positivamente su formación académica.

- **El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por la capacidad y nivel de enseñanza de los docentes.**

El nivel de enseñanza por parte de los docentes es un factor importante en la preparación y el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes, mas este no es el único factor que afecta los procesos formativos, factores como la metodología empleada, los casos de estudio, las herramientas de soporte y la contextualización del conocimiento entre otros, afectan fuertemente el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.

5.4 Conclusiones parciales.

- La investigación es de gran interés para la comunidad académica como lo demuestran algunos resultados de la investigación; publicación de artículos, congresos académicos internacionales donde se participó como ponente, y proyectos avalados por la Universidad Nacional de Colombia. Esto evidencia una necesidad en el ámbito académico que es importante comenzar a cubrir y con este proyecto investigativo se dan un paso importante en el planteamiento de mejoras en los procesos académicos para cubrir estas necesidades.
- El modelo de enseñanza/aprendizaje planteado trata de responder a las necesidades de los ingenieros químicos en cuanto a los temas referentes a la GPO, con herramientas actuales desarrolladas especialmente para que sirvan de soporte a dicho proceso formativo y con una estructura curricular acorde con los temas actuales de la GPO.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La figura 1-2 tenía como objetivo, ser una guía para la construcción del marco teórico-referencial, contextualizar la investigación y apoyar la realización de la misma. Con la ayuda de esta figura se construyó un marco teórico completo, donde no solo se exploraron las generalidades de los temas a tratar, sino también temas a profundidad tales como las nuevas perspectivas y nuevos retos de los ingenieros químicos, los paradigmas de la educación, la GPO y su relación con la ingeniería química entre otros.

Luego de plantear algunas relaciones entre variables que participan en los procesos formativos, dividirlos en categorías y aplicar las herramientas de recolección de datos, se puede concluir:

- a) Entre las categorías evaluadas, la que menor influencia tiene en los procesos formativos es la que está directamente relacionada con las características de las TIC en los procesos formativos (C3), mientras que la presencia o ausencia de dichas herramientas (C4) y las prácticas en los procesos de enseñanza/aprendizaje (C1) tienen una gran influencia, y el contexto académico de los procesos de enseñanza/aprendizaje (C2) tienen una influencia moderada.

En resumen se puede decir que no solo es suficiente con contar con herramientas TIC en los procesos formativos, sino también es necesario estar capacitados para el buen uso de las mismas, enfocando dichas herramientas como soporte a los procesos de enseñanza/aprendizaje en relación con las metodologías formativas actuales y las expectativas profesionales, para así mejorar el nivel de enseñanza por parte de los docentes, el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes y así influenciar el desempeño profesional de los futuros ingenieros.

- b) Con respecto a la relación entre variables que afectan los procesos de enseñanza/aprendizaje, se tiene que las visitas industriales apoyan a la mejor comunicación docentes estudiantes, las visitas industriales aportan en gran medida a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros químicos, el uso de textos guía actualizados influyen fuertemente el nivel de enseñanza por parte de los docentes, una metodología de enseñanza acorde con las expectativas y la realidad profesional es muy importante para mejorar el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes.

Se destaca que no solo la presencia de las TIC hacen del modelo de enseñanza/aprendizaje un modelo exitoso, también la forma como estas herramientas intervienen, y como los estudiantes utilizan estas herramientas para su beneficio hacen posible un modelo educativo provechoso.

Como lo expresan las relaciones R8 y R9, el uso de herramientas TIC está directamente relacionado con el nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes y la preparación y desempeño profesional. Existen diferentes tipos de herramientas TIC como lo muestran las dimensiones de la categoría C4, tabla 3-5.

Por otro lado, como lo expresa [57], El uso de las TIC ha tenido un fuerte impacto en el sistema educativo, por esta razón es importante considerar la forma en que los estudiantes aprenden y como se puede mejorar el proceso de aprendizaje.

En el marco teórico-referencial se hace un recorrido por algunos paradigmas de la educación, entre los paradigmas de la educación tenemos el paradigma conductista, crítico social, cognitivo, constructivista, positivista e interpretativo. Acorde con los resultados arrojados por la investigación, es necesario seleccionar como paradigma el constructivismo ya que este tiene como principio rector el aprendizaje activo, el cual se hace por parte de los estudiantes y adicionalmente esta construcción de conocimiento se realiza partiendo de experiencias. Se escoge como modelo el ABP ya que este se desprende del constructivismo, el ABP está centrado en la participación activa del alumno de modo que participe activamente, observe estudie y discuta sobre el problema planteado.

Se trata de un enfoque inductivo donde se aprendan los temas a la par que se trata de resolver un problema real. [54].

Se propone un modelo de enseñanza/aprendizaje constructivista, con una subdivisión del ABP soportado en TIC como se muestra en la figura 5-4. adicionalmente se desarrollaron herramientas que soporten este modelo formativo como está descrito en el Capítulo 4 y Capítulo 5. Este modelo de enseñanza/aprendizaje fue diseñado siguiendo la metodología propuesta y soportando las decisiones tomadas en las relaciones entre variables propuestas y analizadas en el capítulo 5.

Se encuentra pertinente la propuesta de una asignatura que aborde temas relacionados con la GPO. Los retos actuales de la ingeniería química así lo ameritan, adicionalmente muchas universidades ya están abordando estos temas en diferentes asignaturas especializadas como lo muestra la tabla 4-1.

Finalmente, de los resultados mostrados, de su análisis y de su discusión se concluye que es necesario que en los programas de ingeniería química se aborden temas relacionados con la GPO, en función de esto se hace indispensable plantear un modelo de enseñanza/aprendizaje que suplan las necesidades formativas de los futuros ingenieros. En el presente trabajo se planteó una metodología de enseñanza/aprendizaje y como complemento se propuso un set de software que sirve de soporte al proceso formativo.

Finalizada esta investigación, se asegura que se alcanzaron todos los objetivos propuestos, resaltando:

- Una amplia divulgación del conocimiento desarrollado.
- Aporte en el desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO aplicado al programa de ingeniería química.
- Software que soporte el modelo de enseñanza/aprendizaje propuesto.
- La propuesta de una asignatura que aborde temas relacionados con la GPO para el programa de ingeniería química de nuestra universidad.
- La apertura de un camino de investigación donde se pueden a futuro hacer aportes valiosos a los procesos formativos.

A. Anexo: Herramientas investigación preliminar.

Se realizó una investigación preliminar cuyo objetivo fue detectar las expectativas profesionales, además de identificar la importancia y las necesidades del proceso de enseñanza/aprendizaje de temas relacionados con la GPO. Esta investigación preliminar constaba de dos encuestas: la primera se realizó a estudiantes y egresados del programa. La segunda, que comprendía preguntas abiertas se realizó a docentes del departamento de Ingeniería Industrial que han tenido relación directa con los estudiantes y profesionales de Ingeniería Química tanto en la Especialización en Dirección de Producción y Operaciones, como en la Maestría en Ingeniería Industrial y el Doctorado en Ingeniería – Industria y Organizaciones.

a. Herramienta dirigida docentes del departamento de ingeniería industrial que imparten asignaturas en la especialización en dirección de producción y operaciones, la maestría en ingeniería industrial y el doctorado en ingeniería – industria y organizaciones de la universidad nacional de Colombia sede Manizales

- A. ¿Ha presentado dificultades al momento de tratar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones a estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales?

Sí

No

- B. ¿Qué tan alta considera la preparación de los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para afrontar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

- C. ¿En las clases relacionadas con la gestión de la producción y las operaciones considera usted útil experimentar con un modelo virtual de un sistema real?

Sí

No

- D. ¿Recomendaría herramientas didácticas para apoyo en el proceso enseñanza/aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

b. Herramienta dirigida a estudiantes y egresados del programa de ingeniería química de la universidad nacional de Colombia sede Manizales

- A. ¿Considera importante la enseñanza de asignaturas y temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones? (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción)

Si

No

- B. ¿Cómo considera la enseñanza de temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones actualmente en la carrera de Ingeniería Química (valore según grado de 5 excelentes a 1 deficiente).?

- C. ¿Considera necesaria la utilización de herramientas didácticas para apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?, ¿cuáles?

Ninguna

Simulación

Casos de estudio

Visitas Académicas

Otro

- D. ¿En las clases relacionadas con la gestión de la producción y las operaciones considera usted útil experimentar con un modelo virtual de un sistema real?

Si

No

- E. ¿Qué problemática encuentra a la hora del aprendizaje de temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

Temas no relacionados con sus expectativas tanto académicas como profesionales

Tipo de enseñanza poco practica

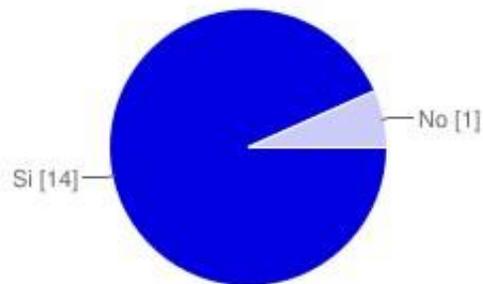
Poca visibilidad de la aplicación de estos temas a la realidad profesional

Enfoque no específico con la cadena productiva del proceso.

B. Anexo: Resumen respuesta investigación preliminar.

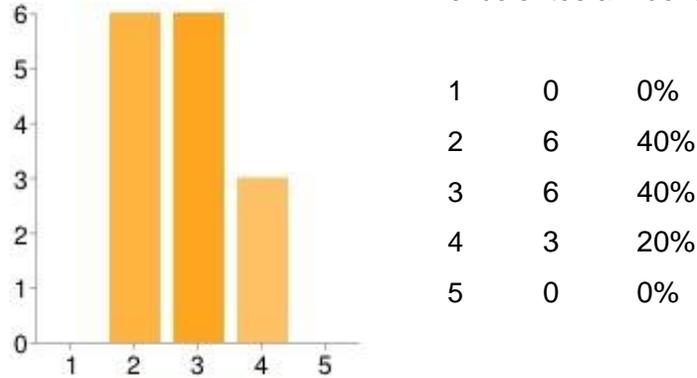
a. Resumen respuesta encuesta a estudiantes y egresados del programa de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

¿Considera importante la enseñanza de asignaturas y temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones? (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción)

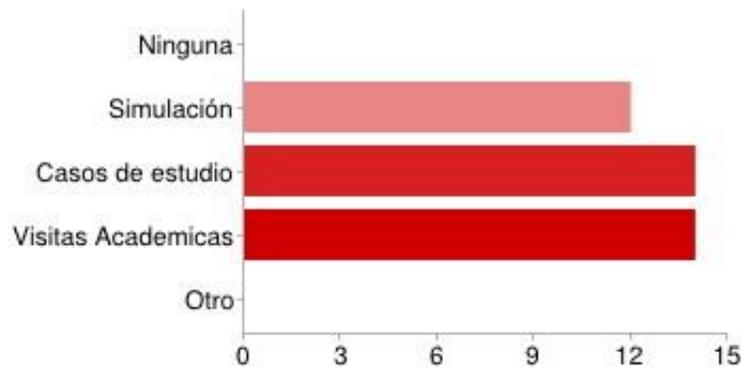


Si	14	93%
No	1	7%

¿Cómo considera la enseñanza de temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones actualmente en la carrera de Ingeniería Química (valore según grado de 5 excelentes a 1 deficiente).?

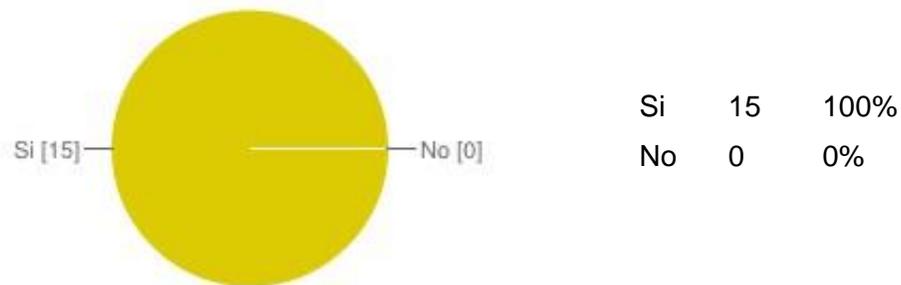


¿Considera necesaria la utilización de herramientas didácticas para apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?, ¿cuáles?

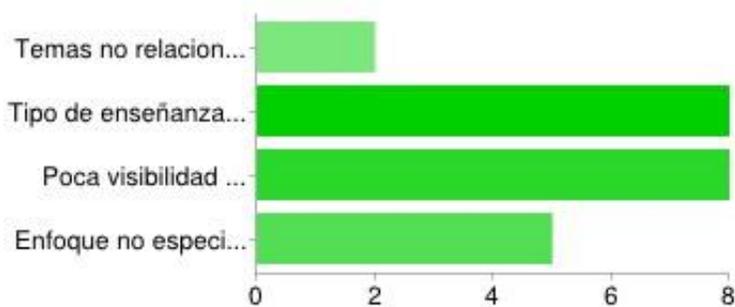


Ninguna	0	0%
Simulación	12	30%
Casos de estudio	14	35%
Visitas Académicas	14	35%
Otro	0	0%

¿En las clases relacionadas con la gestión de la producción y las operaciones considera usted útil experimentar con un modelo virtual de un sistema real?



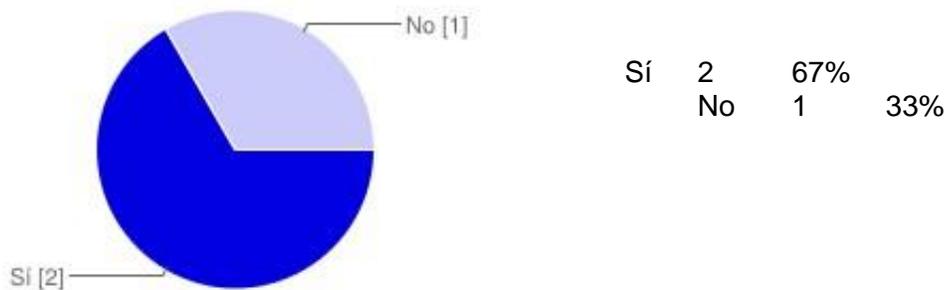
¿Qué problemática encuentra a la hora del aprendizaje de temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?



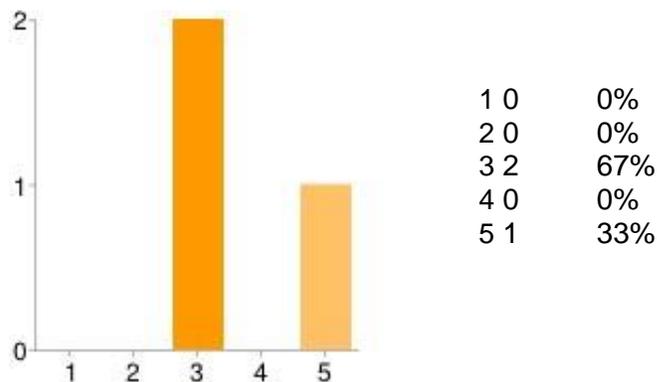
Temas no relacionados con sus expectativas tanto académicas como profesionales	2	9%
Tipo de enseñanza poco practica	8	35%
Poca visibilidad de la aplicación de estos temas a la realidad profesional	8	35%
Enfoque no específico con la cadena productiva del proceso	5	22%

b. Anexo: Resumen respuesta encuesta docentes del departamento de Ingeniería Industrial que imparten asignaturas en la especialización en Dirección de Producción y Operaciones y la Maestría en Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

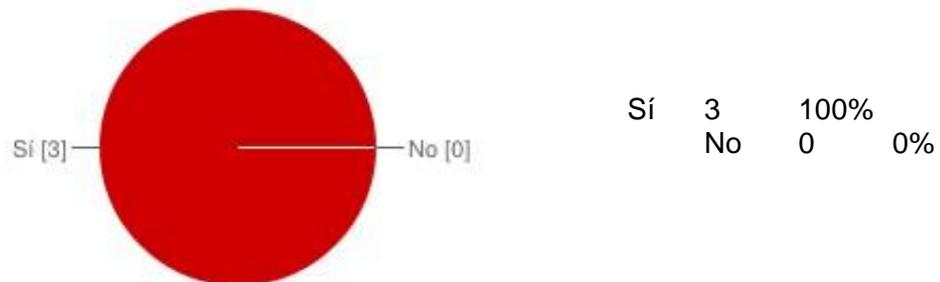
¿Ha presentado dificultades al momento de tratar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones a estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales?



¿Qué tan alta considera la preparación de los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para afrontar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?



¿En las clases relacionadas con la gestión de la producción y las operaciones considera usted útil experimentar con un modelo virtual de un sistema real?



¿Recomendaría herramientas didácticas para apoyo en el proceso enseñanza/aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

- Recomendaría herramientas relacionadas con modelos de simulación para apoyo a la enseñanza-aprendizaje de la gestión en DPO
- Herramientas en Excel para programar la producción
- Aplicaciones en Investigación y operaciones
- Entornos virtuales
- Simulación Casos de estudio

C. Anexo: Herramientas para comprobación de las relaciones entre variables propuestas.

Luego de planteadas las variables causa y las variables efecto, las posibles relaciones entre variables y las categorías y dimensiones de estas relaciones, se plantea una herramienta cuyo objetivo es comprobar dichas relaciones para luego plantear un modelo de enseñanza/aprendizaje de la GPO basado en TIC. Esta herramienta constaba de 4 encuestas, cada una dirigida a Estudiantes, docentes y egresados de ingeniería química y la cuarta dirigida a docentes del departamento de Ingeniería Industrial que han tenido relación directa con los estudiantes y profesionales de Ingeniería Química tanto en la Especialización en Dirección de Producción y Operaciones, como en la Maestría en Ingeniería Industrial y el Doctorado en Ingeniería – Industria y Organizaciones.

a. Herramienta dirigida a docentes del departamento de ingeniería industrial que imparten asignaturas en la especialización en dirección de producción y operaciones, la maestría en ingeniería industrial y el doctorado en ingeniería – industria y organizaciones de la universidad nacional de Colombia sede Manizales.

1. Tiempo de experiencia como docente:

- 1-5 años
- 6-10 años
- 11-15 años
- 16-20 años
- 21 o más años

Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO.

2. ¿Cuáles herramientas didácticas basadas en TIC para apoyo en el proceso enseñanza/aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones recomendaría?

- Simulación
- Blogs
- Foros virtuales
- Evaluaciones virtuales

- Otras ()

3. ¿Cómo considera la utilidad de las TIC como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje

4. ¿Considera que deben ser necesarias herramientas de soporte al proceso de Enseñanza/aprendizaje basadas en TIC enfocadas al contexto colombiano?

- Sí
- No

5. ¿Considera que la experiencia profesional en temas referentes a la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los estudiantes?

- Sí
- No

6. ¿Considera que la preparación de los estudiantes de Ing. química en temas referentes a la GPO es suficiente para que estos se enfrenten a los retos actuales de la ingeniería?

- Sí
- No

7. ¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

8. ¿Ha presentado algún inconveniente al momento de impartir temas referentes a la GPO a los estudiantes de Ing. Química?

- Sí
- No

9. ¿Qué tan alta considera la preparación de los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para afrontar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

- Nula
- Baja
- Media
- Alta

- Muy Alta

Características de las actividades de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC

10. ¿Cuáles de las siguientes características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros químicos?

- Amplio acceso a la información
- Menor tiempo de enseñanza requerido
- Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).
- La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.
- La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.
- Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Presencia o ausencia de las TIC

11. ¿Considera necesario el uso de las TIC para mejorar la preparación de los estudiantes?

- Sí
- No

12. ¿Considera importante utilizar herramientas como las TIC para mejorar el desempeño de los ingenieros químicos en temas referentes a la GPO?

- Sí
- No

b. Herramienta dirigida a docentes departamento ingeniería química de la universidad nacional de Colombia sede Manizales que imparten cursos relacionados con la GPO.

1. Tiempo de experiencia como docente en Ingeniería Química

- 1-5 años
- 6-10 años
- 11-15 años
- 16-20 años
- 21 o más años

2. Asignaturas que orienta en la actualidad

3. ¿Cuál es su experiencia en el uso de estrategias didácticas que integran las TIC?

- Nula
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO.

4. ¿Considera necesario el uso de textos guías exclusivamente para la enseñanza de GPO o cree necesario el uso de ejemplos prácticos para contextualizar el conocimiento?
 - Textos Guía
 - Contextualización del conocimiento con ejemplos prácticos.

5. ¿Cómo considera el uso de TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de enseñanza?
 - Irrelevante
 - Poco necesario
 - Necesario

6. ¿Cómo considera la utilidad de las TIC como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?
 - Muy baja
 - Baja
 - Media
 - Alta
 - Muy alta

Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje

7. ¿Considera que la metodología de enseñanza de temas referentes a GPO está enmarcada en el contexto colombiano con el uso de herramientas aplicables a las necesidades propias de esta región?
- Sí
 - No
8. ¿Considera necesario e importante tener experiencia profesional en temas referentes a la GPO para poder impartirlos en un curso?
- Sí
 - No
9. ¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?
- Muy baja
 - Baja
 - Media
 - Alta
 - Muy Alta

Características de las actividades de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC

10. En los modelos y ejemplos dados en clase para impartir temas referentes a la GPO ¿ha usado modelos reales del contexto nacional utilizando las TIC como herramientas de soporte para el proceso formativo?

- Sí
- No

11. ¿Cuáles de las siguientes características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de enseñanza de la GPO en ingeniería química?

- Amplio acceso a la información
- Menor tiempo de enseñanza requerido
- Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).
- La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.
- La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.
- Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Presencia o ausencia de las TIC

12. ¿Considera que es necesario el uso de las TIC en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO?

- Sí
- No

13. En los procesos formativos, ¿Cuáles de estas herramientas son utilizadas actualmente para soportar los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO?

- Herramientas educativas (blackboard, evaluadores virtuales, entre otros)
- Herramientas de video audio e imagen (picasa, vimeo, audacity entre otras)
- Herramientas de comunicación (skype, google talk, socrative, google hangouts, google forms, entre otras)
- Plataformas para redes y comunicación (share point, google apps, edmodo, zoho, entre otras)
- Herramientas para páginas web, blogs y wikis (blogger, google sites, pbworks entre otros).
- Herramientas para tarea de oficinas (Prezi, google docs, google drive, box, dropbox, calaméo entre otros).
- Herramientas de simulación (Aspen, flexsim, promodel, entre otros)
- Otros ()

14. ¿Qué tan importante considera la enseñanza de asignaturas y temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones? (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción

- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

c. Herramienta dirigida a egresados del programa de ingeniería química de la universidad nacional de Colombia sede Manizales

Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO.

1. ¿Considera que el uso de las TIC en asignaturas han enriquecido o podrían enriquecer la formación de los futuros ingenieros?
 - Si
 - No

Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje

2. ¿Considera que las visitas industriales durante su pregrado le aportaron a su formación profesional?
 - Si
 - No
3. ¿Las visitas industriales en su pregrado fueron suficientes o considera que deben ser mayores en cantidad y contenido?
 - Si
 - No

4. ¿Considera que el uso de TIC como soporte a los procesos formativos en su pregrado estaban enfocadas al contexto colombiano?

- Si
- No

5. ¿Considera que las TIC como herramientas aportaron a su formación profesional?

- Si
- No

6. ¿Considera que la experiencia profesional en temas referentes a la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los estudiantes?

- Si
- No

7. ¿Considera que la preparación de los estudiantes de Ing. química en temas referentes a la GPO es suficiente para que estos se enfrenten a los retos actuales de la ingeniería?

- Si
- No

8. ¿Considera que el uso de las TIC en su pregrado aportaron a su preparación y desempeño profesional en temas relacionados con la GPO?

- Si

No

9. ¿Los temas tratados en asignaturas referentes a la Gestión de la Producción y Operaciones (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción, cadenas de abastecimiento, ente otras) vistas en el pregrado han suplido todas sus expectativas y necesidades profesionales?

Si

No

Características de las actividades de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC

10. ¿Cuáles de las siguientes características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros químicos?

- Amplio acceso a la información
- Menor tiempo de enseñanza requerido
- Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).
- La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.
- La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.
- Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Presencia o ausencia de las TIC

11. ¿Considera necesario el uso de las TIC para mejorar la preparación de los estudiantes?

- Si
- No

12. ¿Considera importante utilizar herramientas como las TIC para mejorar el desempeño de los ingenieros químicos en temas referentes a la GPO?

- Si
- No

13. ¿Ha considerado profundizar en temas de la GPO cursando algún nivel de posgrado (especialización, maestría o doctorado)?

- Si
- No

d. Herramienta dirigida a estudiantes del programa de ingeniería química de la universidad nacional de Colombia sede Manizales

1. El % de avance en los créditos exigidos de su plan de estudios
 - 60-69%
 - 70-79%
 - 80-89%
 - 90% o más

Prácticas en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de GPO.

2. ¿Cree que el uso de TIC (simulación, blogs, videos, animaciones, plataformas virtuales, entre otras) aporta a su proceso formativo?
 - Sí
 - No

3. ¿Considera necesario el uso de TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?
 - Sí
 - No

4. ¿Considera importante abordar casos de estudio en los procesos de aprendizaje de la Gestión de la Producción y Organizaciones para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?
- Sí
 - No
5. ¿Cómo considera la utilidad de las TIC como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?
- Muy baja
 - Baja
 - Media
 - Alta
 - Muy alta

Contexto Académico en los Procesos de Enseñanza/Aprendizaje

6. ¿Considera que las visitas industriales aportan al aprendizaje de la GPO en Ingeniería Química?
- Sí
 - No
7. ¿Considera que las visitas industriales pueden aportar a la comunicación docente/estudiante y así enriquecer su proceso formativo?
- Sí
 - No

8. ¿Considera que la metodología de enseñanza de GPO actualmente está enmarcada en el contexto local presentando las necesidades y retos actuales de la Ingeniería Química en Colombia?
- Sí
 - No
9. ¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?
- Muy baja
 - Baja
 - Media
 - Alta
 - Muy Alta

Características de las actividades de enseñanza/aprendizaje basadas en TIC

10. ¿Cuáles de las siguientes características de las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de aprendizaje de la GPO en ingeniería química?
- Amplio acceso a la información
 - Menor tiempo de enseñanza requerido
 - Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).
 - La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.

- La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.
- Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Presencia o ausencia de las TIC

11. ¿Considera necesario el uso de las TIC en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO?

- Sí
- No

12. ¿En los casos de estudio referentes a la GPO, ha utilizado las TIC como herramientas de soporte?

- Sí
- No

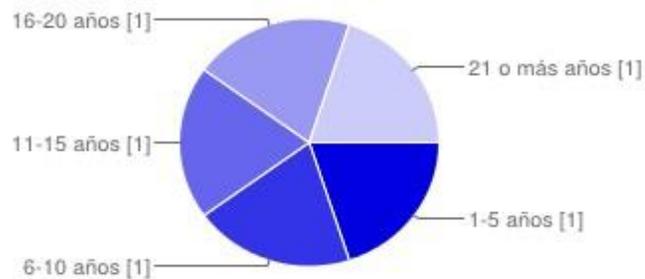
13. ¿Qué tan importante considera la enseñanza de asignaturas y temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones? (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción)

- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

D. Anexo: Resultados instrumento comprobación de relaciones entre variables.

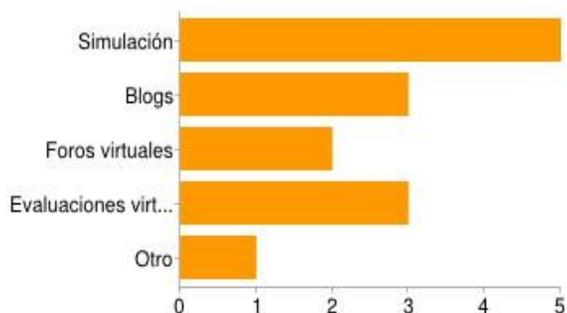
a. Resultado herramienta comprobación de relación de variables aplicada a docentes del departamento de ingeniería industrial

1 Tiempo de experiencia como docente en Ingeniería Industrial



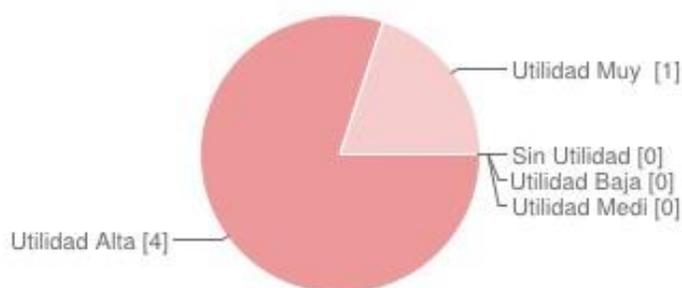
1-5 años	1	20%
6-10 años	1	20%
11-15 años	1	20%
16-20 años	1	20%
21 o más años	1	20%

2. ¿Cuáles herramientas didácticas basadas en TICs para apoyo en el proceso enseñanza/aprendizaje en temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones recomendaría?



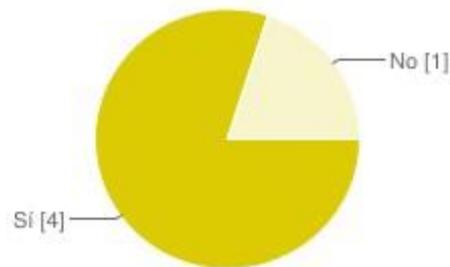
Simulación	5	36%
Blogs	3	21%
Foros virtuales	2	14%
Evaluaciones virtuales	3	21%
Otro	1	7%

3. ¿Cómo considera la utilidad de las TICs como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?



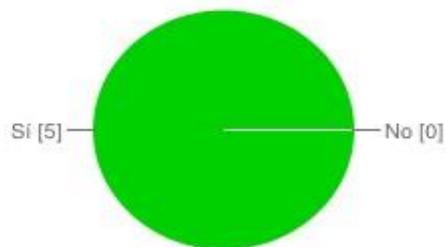
Sin Utilidad	0	0%
Utilidad Baja	0	0%
Utilidad Media	0	0%
Utilidad Alta	4	80%
Utilidad Muy Alta	1	20%

4. ¿Considera que deben ser necesarias herramientas de soporte al proceso de Enseñanza/aprendizaje basadas en TICs enfocadas al contexto local?



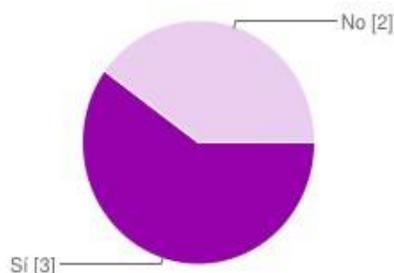
Sí	4	80%
No	1	20%

5. ¿Considera que la experiencia profesional en temas referentes a la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los estudiantes?



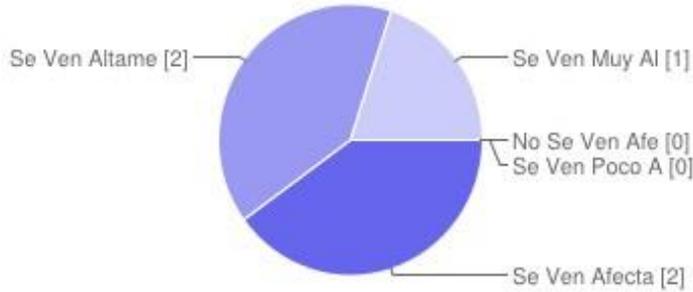
Sí	5	100%
No	0	0%

6. ¿Considera que la preparación de los estudiantes de Ing. química en temas referentes a la GPO es suficiente para que estos se enfrenten a los retos actuales de la ingeniería?



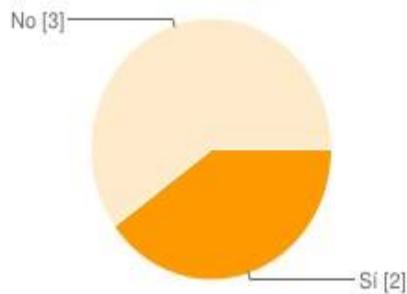
Sí	3	60%
No	2	40%

7. ¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?



No Se Ven Afectados	0	0%
Se Ven Poco Afectados	0	0%
Se Ven Afectados De Forma Media	2	40%
Se Ven Altamente Afectados	2	40%
Se Ven Muy Altamente Afectados	1	20%

8. ¿Ha presentado algún inconveniente al momento de impartir temas referentes a la GPO a los estudiantes de Ing. Química?

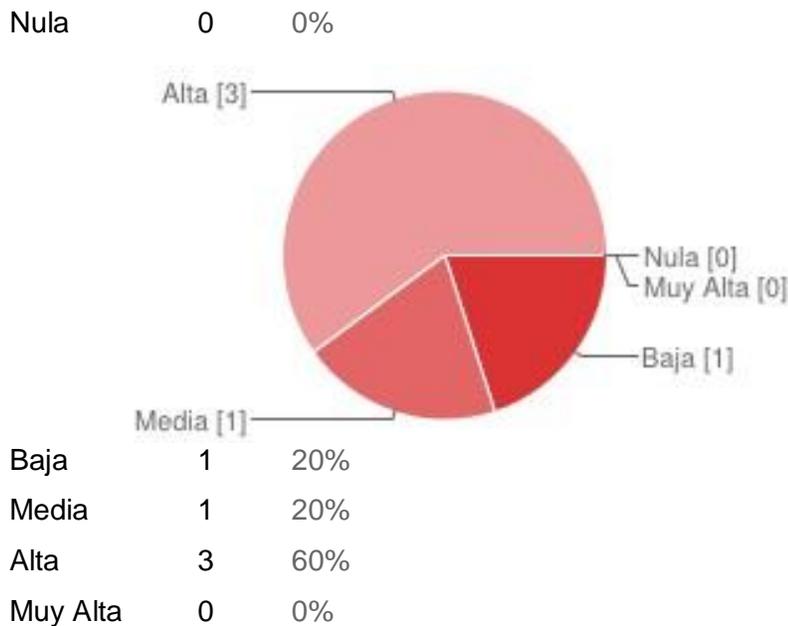


Sí	2	40%
No	3	60%

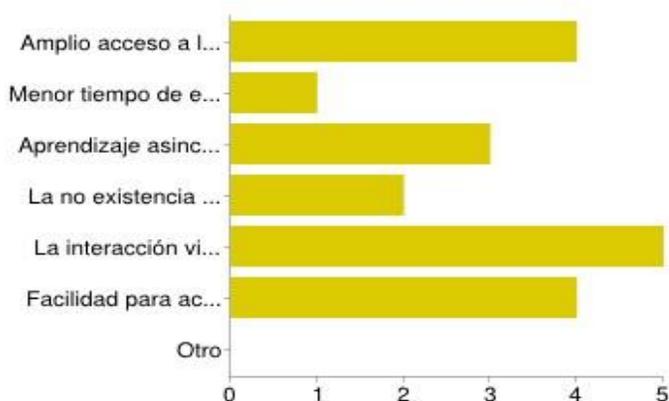
8.1. ¿Cuales?

Tienen una excelente formación académica, con fundamentación teórica en Matemáticas que les favorece la aplicación de estos conceptos en GPO. No dominan los conceptos empresariales básicos. Su formación técnica es buena, pero les falta visión global y pensamiento gerencial. Su formación en investigación de operaciones es poca. Falta claridad en los siguientes temas: -Aplicaciones de la IO en GPO -Configuraciones productivas (job shop, flow shop, etc) Sistemas de control de producción (MRP, JIT-KANBAN, CONWIP, TPO, etc) -En general conceptos sobre medidas de desempeño/variables de decisión en GPO

9. ¿Qué tan alta considera la preparación de los estudiantes de ingeniería química de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales para afrontar temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

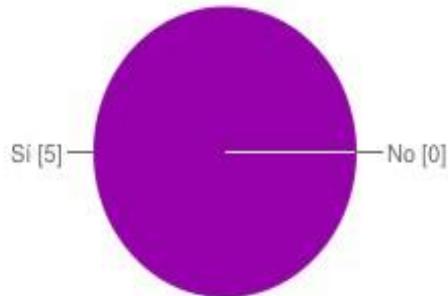


10. ¿Cuáles de las siguientes características de las TICs en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros?



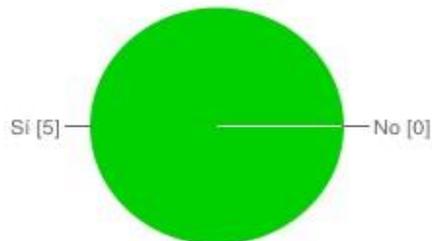
Amplio acceso a la información	4	21%
Menor tiempo de enseñanza requerido	1	5%
Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).	3	16%
La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.	2	11%
La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.	5	26%
Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.	4	21%
Otro	0	0%

11. ¿Considera necesario el uso de las TICs para mejorar la preparación de los estudiantes?



Sí	5	100%
No	0	0%

12. ¿Considera importante utilizar herramientas como las TICs para mejorar el desempeño de los ingenieros químicos en temas referentes a la GPO?



Sí	5	100%
No	0	0%

b. Resultado herramienta comprobación de relación de variables aplicada a docentes departamento de ingeniería química.

1. Tiempo de experiencia como docente en Ingeniería Química

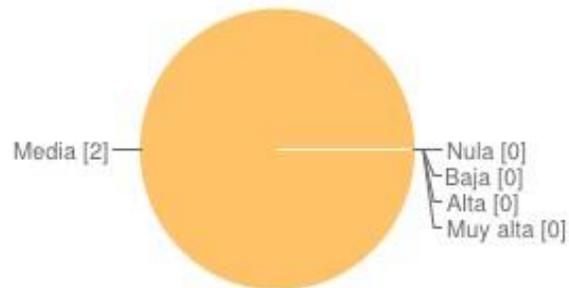


2. Asignaturas que orienta en la actualidad

Ingeniería de procesos II Cinética y catálisis Diseño de plantas y equipos
Procesos productivos Laboratorio de ingeniería química I

3. ¿Cuál es su experiencia en el uso de estrategias didácticas que integran las TICs?

Nula 0 0%



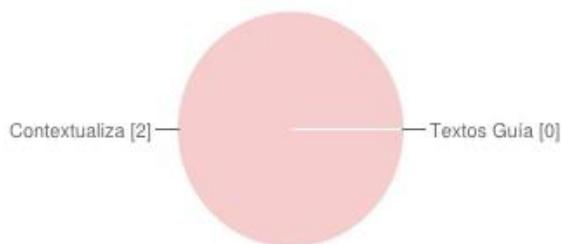
Baja 0 0%

Media 2 100%

Alta 0 0%

Muy alta 0 0%

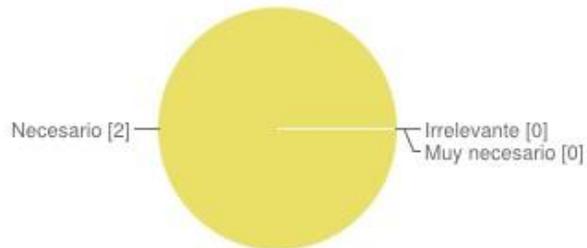
4. ¿Considera necesario el uso de textos guías exclusivamente para la enseñanza de GPO o cree necesario el uso de ejemplos prácticos para contextualizar el conocimiento?



Textos Guía 0 0%

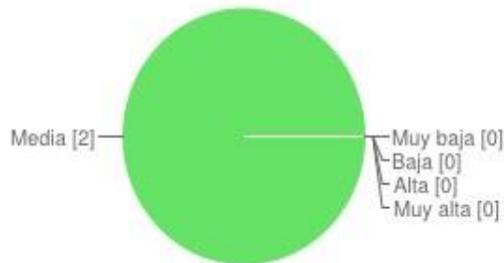
Contextualización del conocimiento con ejemplos prácticos. 2 100%

5. ¿Cómo considera el uso de TICs en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de enseñanza?



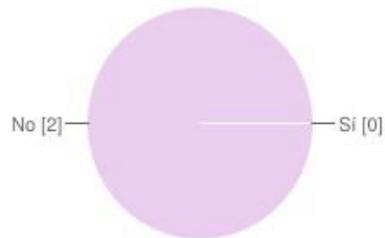
Irrelevante	0	0%
Necesario	2	100%
Muy necesario	0	0%

6. ¿Cómo considera la utilidad de las TICs como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?



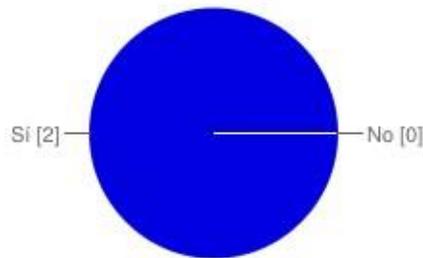
Muy baja	0	0%
Baja	0	0%
Media	2	100%
Alta	0	0%
Muy alta	0	0%

7. ¿Considera que la metodología de enseñanza de temas referentes a GPO está enmarcada en el contexto colombiano con el uso de herramientas aplicables a las necesidades propias de esta región?



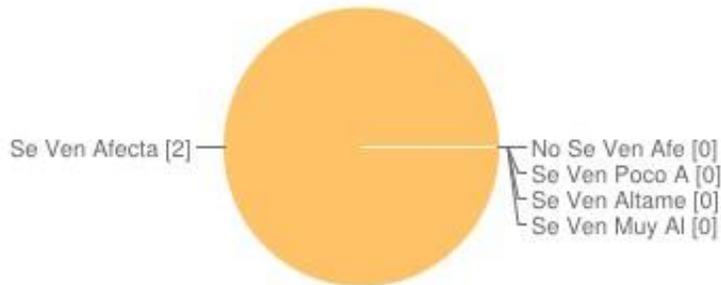
Sí	0	0%
No	2	100%

8. ¿Considera necesario e importante tener experiencia profesional en temas referentes a la GPO para poder impartirlos en un curso?



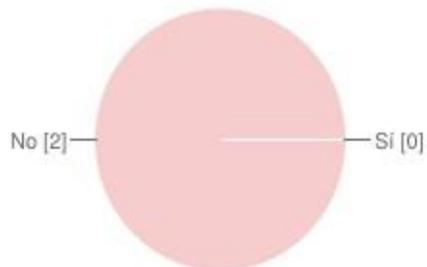
Sí	2	100%
No	0	0%

9. ¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?



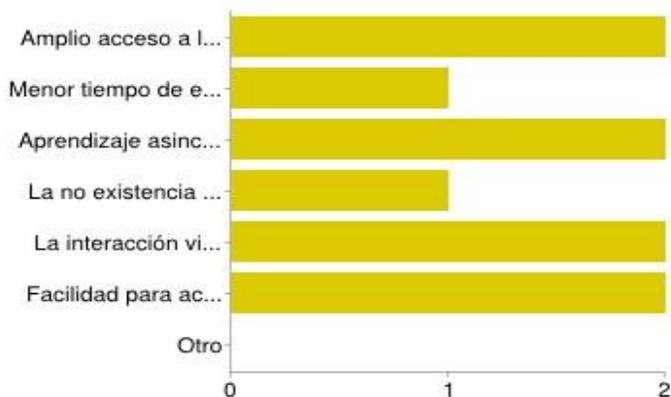
No Se Ven Afectados	0	0%
Se Ven Poco Afectados	0	0%
Se Ven Afectados De Forma Media	2	100%
Se Ven Altamente Afectados	0	0%
Se Ven Muy Altamente Afectados	0	0%

10. En los modelos y ejemplos dados en clase para impartir temas referentes a la GPO ¿ha usado modelos reales del contexto nacional utilizando las TICs como herramientas de soporte para el proceso formativo?



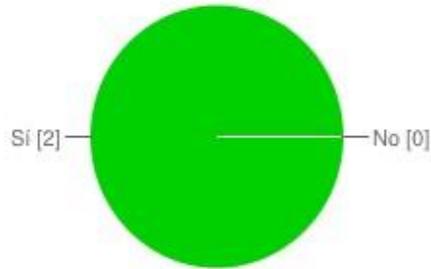
Sí	0	0%
No	2	100%

11. ¿Cuáles de las siguientes características de las TICs en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de enseñanza de la GPO en ingeniería química?



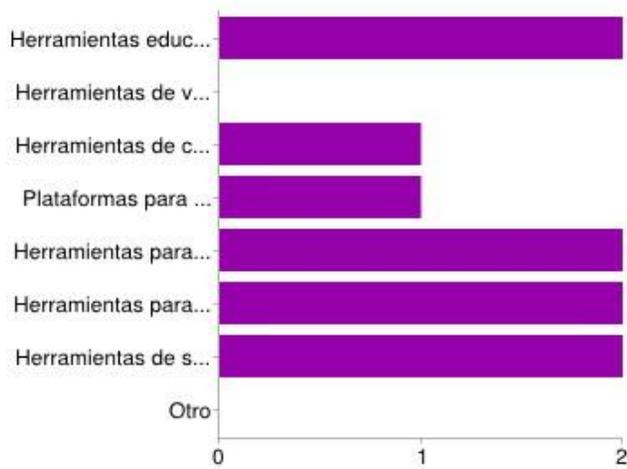
Amplio acceso a la información	2	20%
Menor tiempo de enseñanza requerido	1	10%
Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).	2	20%
La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.	1	10%
La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.	2	20%
Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.	2	20%
Otro	0	0%

12. ¿Considera que es necesario el uso de las TICs en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO?



Sí	2	100%
No	0	0%

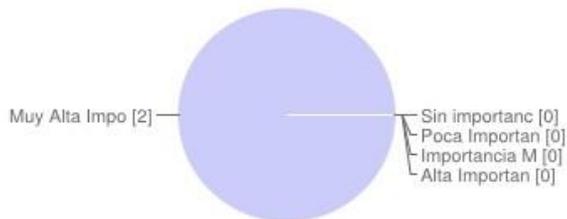
13. En los procesos formativos, ¿Cuáles de estas herramientas son utilizadas actualmente para soportar los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO?



Herramientas educativas (blackboard, evaluadores virtuales, entre otros)	2	20%
Herramientas de video audio e imagen (picasa, vimeo, audacity entre otras)	0	0%
Herramientas de comunicación (skype, google talk, socrative, google hangouts, google forms, entre otras)	1	10%
Plataformas para redes y comunicación (share point, google apps, edmodo, zoho, entre otras)	1	10%
Herramientas para páginas web, blogs y wikis (blogger, google sites, pbworks entre otros).	2	20%
Herramientas para tarea de oficinas (Prezi, google docs, google drive, box, dropbox, calaméo entre otros).	2	20%
Herramientas de simulación (Aspen, flexsim, promodel, entre otros)	2	20%
Otro	0	0%

14. ¿Qué tan importante considera la enseñanza de asignaturas y temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

(Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción)



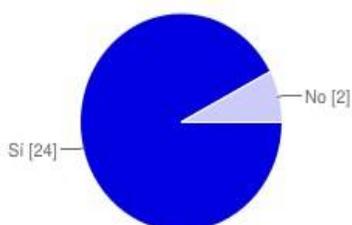
Sin importancia	0	0%
Poca importancia	0	0%
Importancia Media	0	0%
Alta Importancia	0	0%
Muy Alta Importancia	2	100%

Comentarios

Las GEO son muy importantes en la enseñanza y debe hacerlo personas con gran experiencia laboral practica para acercar al estudiante a la realidad.

c. Resultado herramienta comprobación de relación entre variables aplicada a egresados departamento de ingeniería química.

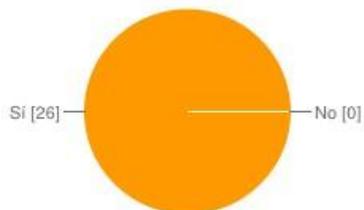
1. ¿Considera que el uso de las TICs en asignaturas han enriquecido o podrían enriquecer la formación de los futuros ingenieros?



Sí 24 92%

No 2 8%

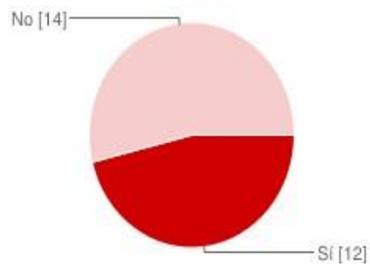
2. ¿Considera que las visitas industriales durante su pregrado le aportaron a su formación profesional?



Sí 26 100%

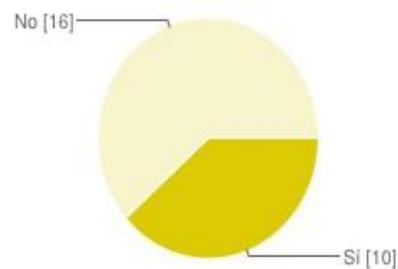
No 0 0%

3. ¿Las visitas industriales en su pregrado fueron suficientes o considera que deben ser mayores en cantidad y contenido?



Sí	12	46%
No	14	54%

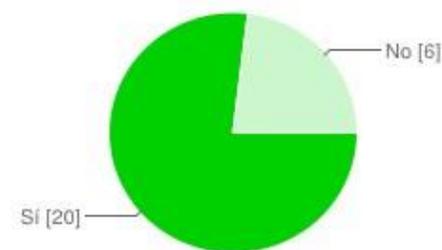
4. ¿Considera que el uso de TICs como soporte a los procesos formativos en su pregrado estaban enfocadas al contexto colombiano?



Sí	10	38%
No	16	62%

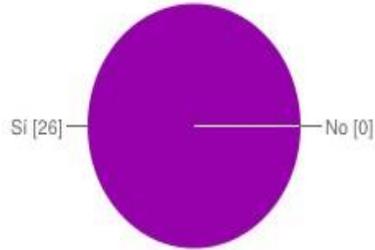
5. ¿Considera que las TICs como herramientas aportaron a su formación profesional?

Sí	20	77%
----	----	-----



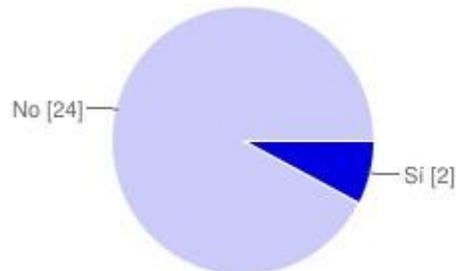
No	6	23%
----	---	-----

6. ¿Considera que la experiencia profesional en temas referentes a la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los estudiantes?



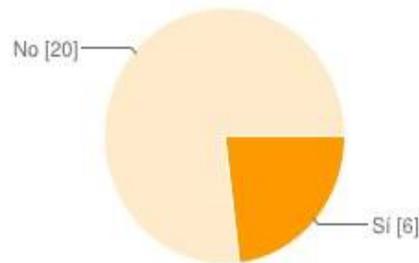
Sí	26	100%
No	0	0%

7. ¿Considera que la preparación de los estudiantes de Ing. química en temas referentes a la GPO es suficiente para que estos se enfrenten a los retos actuales de la ingeniería?



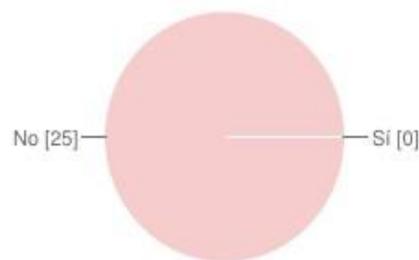
Sí	2	8%
No	24	92%

8. ¿Considera que el uso de las TICs en su pregrado aportaron a su preparación y desempeño profesional en temas relacionados con la GPO?



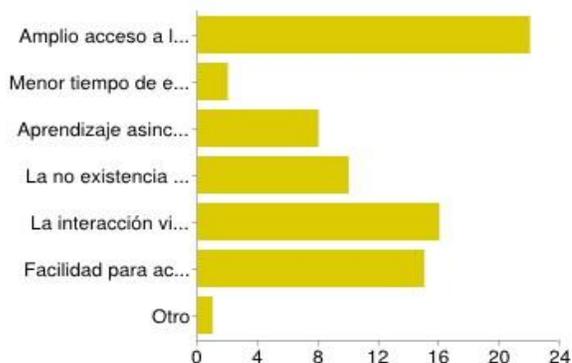
Sí	6	23%
No	20	77%

9. ¿Los temas tratados en asignaturas referentes a la Gestión de la Producción y Operaciones (Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción, cadenas de abastecimiento, ente otras) vistas en el pregrado han suplido todas sus expectativas y necesidades profesionales?



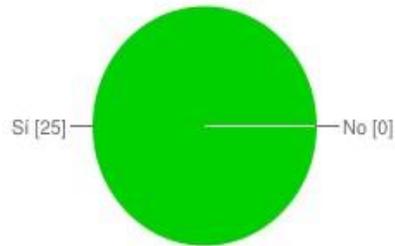
Sí	0	0%
No	25	100%

10. ¿Cuáles de las siguientes características de las TICs en los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO aportan a la preparación y desempeño profesional de los ingenieros químicos?



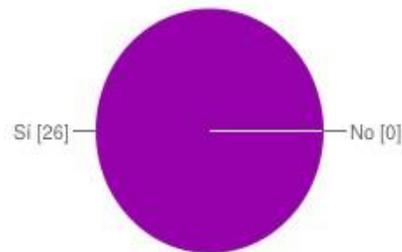
Amplio acceso a la información	22	30%
Menor tiempo de enseñanza requerido	2	3%
Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).	8	11%
La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.	10	14%
La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.	16	22%
Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.	15	20%
Otro	1	1%

11. ¿Considera necesario el uso de las TICs para mejorar la preparación de los estudiantes?



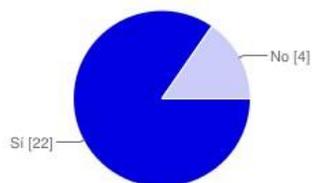
Sí	25	100%
No	0	0%

12. ¿Considera importante utilizar herramientas como las TICs para mejorar el desempeño de los ingenieros químicos en temas referentes a la GPO?



Sí	26	100%
No	0	0%

13. ¿Ha considerado profundizar en temas de la GPO cursando algún nivel de posgrado (especialización, maestría o doctorado)?



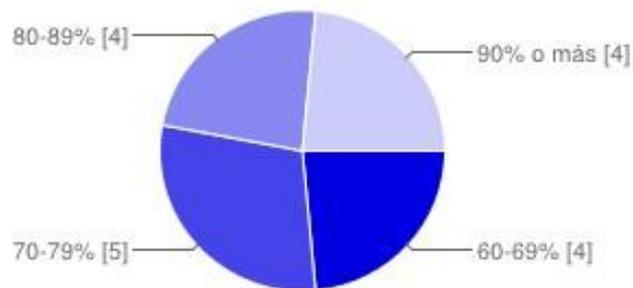
Sí	22	85%
No	4	15%

Comentarios

Quisiera decir que es posible que en el transcurso del pregrado hayamos visto temas referentes a las TICs y la GPO, pero no creo que los estudiantes hayan sido conscientes de ello, por mi parte me interesa mucho el tema de la producción y las operaciones y me parecería adecuado un mayor esfuerzo en la enseñanza y aplicación de estos temas en nuestra sociedad. Es importante darle la oportunidad a los estudiantes de conocer la forma como industrias importantes a nivel nacional aplican las TICs ya que solo basan en el proceso general. Al ingeniero químico le falta saber más de técnicas, filosofías y normas de la industria ya que este solo se forma para estar en frente del proceso y no del servicio que se le debe prestar al cliente/ consumidor

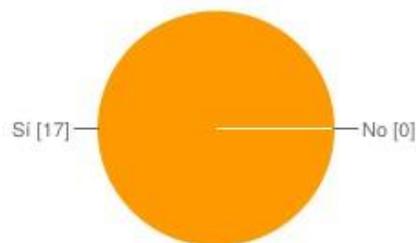
d. Resultado herramienta comprobación de relación entre variables aplicada a estudiantes del programa de ingeniería química.

1. El % de avance en los créditos exigidos de su plan de estudios



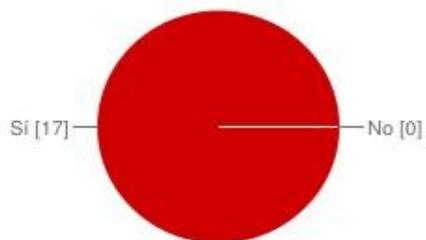
60-69%	4	24%
70-79%	5	29%
80-89%	4	24%
90% o más	4	24%

2. ¿Cree que el uso de TICs (simulación, blogs, videos, animaciones, plataformas virtuales, entre otras) aporta a su proceso formativo?



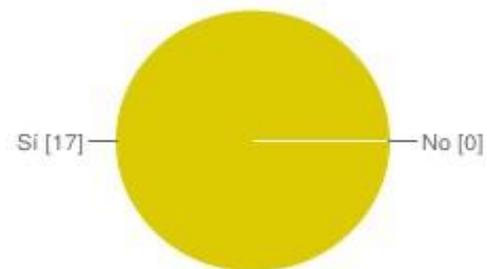
Sí	17	100%
No	0	0%

3. ¿Considera necesario el uso de TICs en los procesos de enseñanza/aprendizaje de GPO para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?



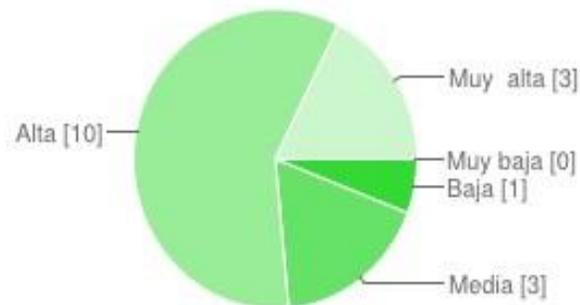
Sí	17	100%
No	0	0%

4. ¿Considera importante abordar casos de estudio en los procesos de aprendizaje de la Gestión de la Producción y Organizaciones para mejorar el nivel de aprendizaje de estos temas?



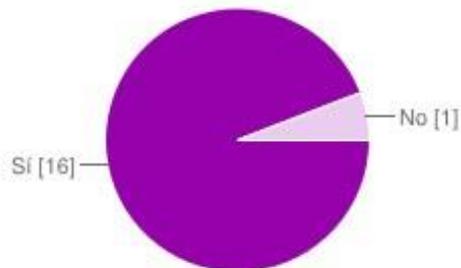
Sí	17	100%
No	0	0%

5. ¿Cómo considera la utilidad de las TICs como herramientas de soporte de los procesos enseñanza/aprendizaje de la GPO?



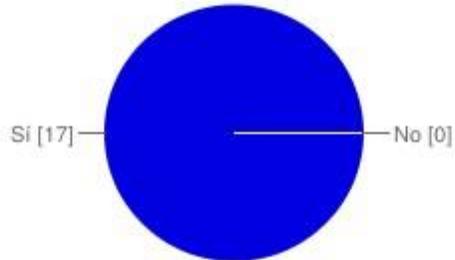
Muy baja	0	0%
Baja	1	6%
Media	3	18%
Alta	10	59%
Muy alta	3	18%

6. ¿Considera que las visitas industriales aportan al aprendizaje de la GPO en Ingeniería Química?



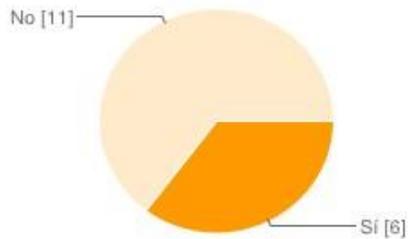
Sí	16	94%
No	1	6%

7. ¿Considera que las visitas industriales pueden aportar a la comunicación docente/estudiante y así enriquecer su proceso formativo?



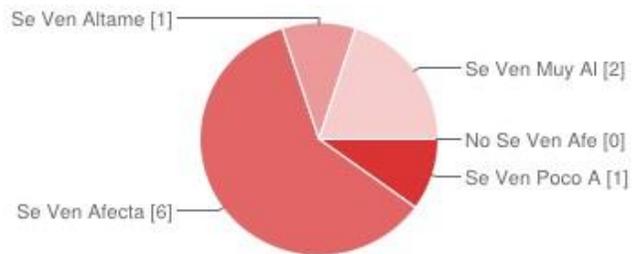
Sí	17	100%
No	0	0%

8. ¿Considera que la metodología de enseñanza de GPO actualmente está enmarcada en el contexto local presentando las necesidades y retos actuales de la Ingeniería Química en Colombia?



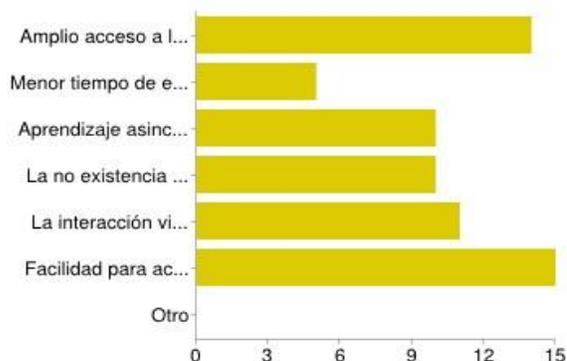
Sí	6	35%
No	11	65%

9. ¿Cómo considera que se ven afectados los procesos de enseñanza/aprendizaje de la GPO con la contextualización del conocimiento en el ámbito Colombiano?



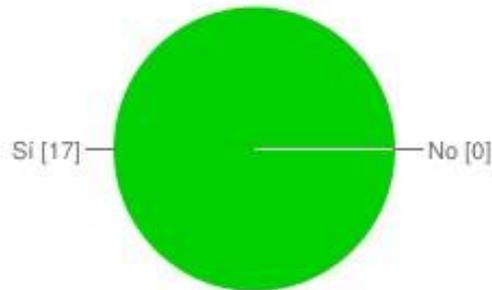
No Se Ven Afectados	0	0%
Se Ven Poco Afectados	1	10%
Se Ven Afectados De Forma Media	6	60%
Se Ven Altamente Afectados	1	10%
Se Ven Muy Altamente Afectados	2	20%

10. ¿Cuáles de las siguientes características de las TICs en los procesos de enseñanza/aprendizaje considera que aportan a los niveles de aprendizaje de la GPO en ingeniería química?



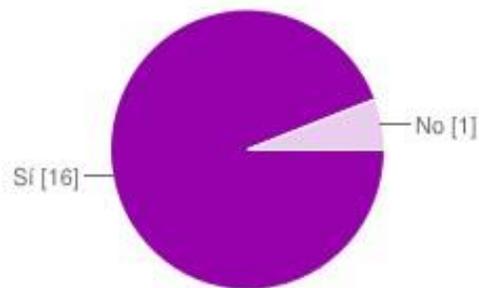
Amplio acceso a la información	14	22%
Menor tiempo de enseñanza requerido	5	8%
Aprendizaje asincrónico (Característica por la cual el estudiante y el docente no deben concertar una cita para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje).	10	15%
La no existencia de barreras espaciales para llevar a cabo el proceso de enseñanza/aprendizaje.	10	15%
La interacción virtual entre diferentes sujetos involucrados en los procesos de enseñanza/aprendizaje.	11	17%
Facilidad para acceder a la información desde cualquier lugar y en cualquier momento.	15	23%
Otro	0	0%

11. ¿Considera necesario el uso de las TICs en los procesos de Enseñanza/aprendizaje de la GPO?



Sí	17	100%
No	0	0%

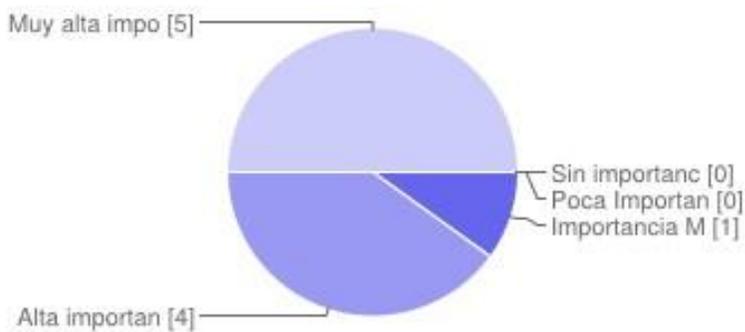
12. ¿En los casos de estudio referentes a la GPO, ha utilizado las TICs como herramientas de soporte?



Sí	16	94%
No	1	6%

13. ¿Qué tan importante considera la enseñanza de asignaturas y temas relacionados con la gestión de la producción y operaciones?

(Diseño de plantas y equipos, localización de plantas, distribución de planta, proyectos, control de la producción)



Sin importancia	0	0%
Poca Importancia	0	0%
Importancia Media	1	10%
Alta importancia	4	40%
Muy alta importancia	5	50%

E. Anexo: Herramientas para la comprobación de hipótesis.

Para la comprobación de las hipótesis se recurrió a diferentes metodologías tales como revisiones bibliográficas y encuestas a los directamente involucrados con los procesos formativos así:

- ***El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por el uso de las TIC constantemente.***

Egresados y estudiantes:

- A. ¿Considera que las TIC aportan de forma positiva los procesos de enseñanza/aprendizaje?
- B. Le gustaría que las TIC hicieran parte más activa en los procesos de enseñanza/aprendizaje, aumentando el uso de herramientas como:
 - Simulación
 - Blogs
 - Foros virtuales
 - Evaluaciones virtuales
 - Contenido compartido
 - Otras

C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por el uso de las TIC constantemente.”

- ***Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería.***

Egresados y estudiantes:

- A. ¿Considera que las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje aportan o aportarían a la formación de los ingenieros para enfrentar los retos actuales de la ingeniería?
- B. ¿Le hubiese gustado que en las asignaturas relacionadas con la Gestión de la Producción y Operaciones se incluyera mayoritariamente el uso de las TIC como soporte al proceso formativo?
- C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería”

Egresados y estudiantes:

-
- A. ¿Considera que las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje aportan o aportarían a la formación de los ingenieros para enfrentar los retos actuales de la ingeniería?
- B. ¿Le gustaría que en las asignaturas relacionadas con la Gestión de la Producción y Operaciones se incluyera mayoritariamente el uso de las TIC como soporte al proceso formativo?
- C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería”

- ***Cuando los temas tratados en clases de GPO y las expectativas profesionales son acordes con la realidad profesional se evidencia el aumento en la preparación y el desempeño profesional de los futuros ingenieros***

A. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Cuando los temas tratados en clases de GPO y las expectativas profesionales son acordes con la realidad profesional se evidencia el aumento en la preparación y el desempeño profesional de los futuros ingenieros”

- ***Los casos de estudio son fundamentales para el buen desempeño de los estudiantes en su aprendizaje.***

Egresados y estudiantes

- A. ¿Considera que los casos de estudio han aportado a su formación como ingeniero?
- B. ¿Considera necesario aumentar los casos de estudio para facilitar los procesos de enseñanza/aprendizaje y afianzar mejor el conocimiento?
- C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Los casos de estudio son fundamentales para el buen desempeño de los estudiantes en su aprendizaje.”

- ***El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por la capacidad y nivel de enseñanza de los docentes***

Estudiantes, egresados

- A. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por la capacidad y nivel de enseñanza de los docentes.”

F. Anexo: Resultados herramientas para la comprobación de hipótesis.

- *El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por el uso de las TIC constantemente.*

Egresados y estudiantes:

- A. ¿Considera que las TIC aportan de forma positiva los procesos de enseñanza/aprendizaje?

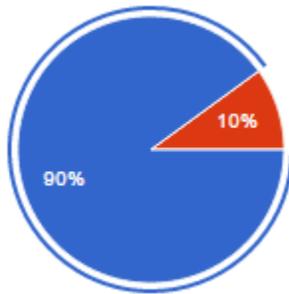


Si	20	100%
No	0	0%

- B. Le gustaría que las TIC hicieran parte más activa en los procesos de enseñanza/aprendizaje, aumentando el uso de herramientas como:

- Simulación
- Blogs
- Foros virtuales
- Evaluaciones virtuales

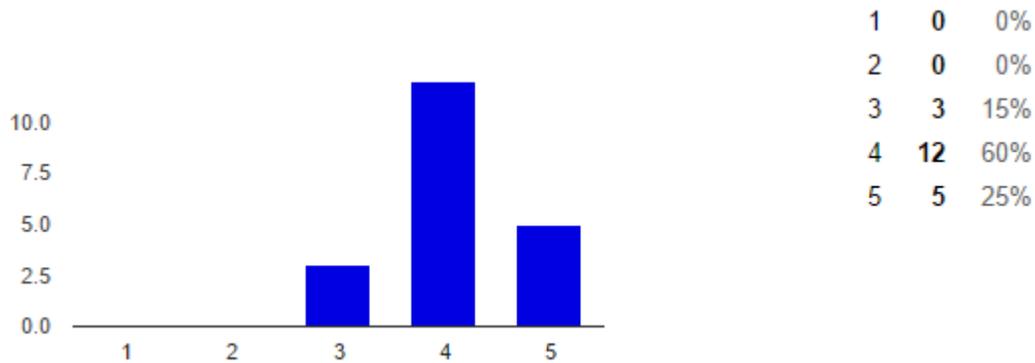
- Contenido compartido
- Otras



Si	18	90%
No	2	10%

C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por el uso de las TIC constantemente.”



- ***Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería.***

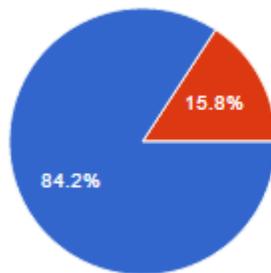
Egresados y estudiantes:

- A. ¿Considera que las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje aportan o aportarían a la formación de los ingenieros para enfrentar los retos actuales de la ingeniería?



Si	20	100%
No	0	0%

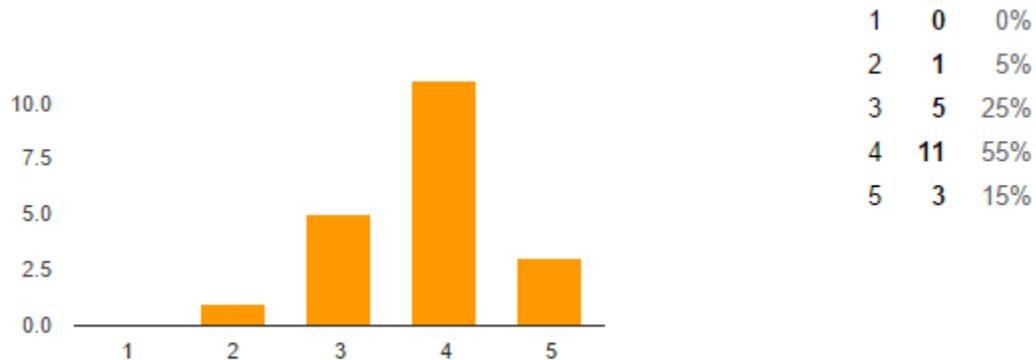
- B. ¿Le hubiese gustado que en las asignaturas relacionadas con la Gestión de la Producción y Operaciones se incluyera mayoritariamente el uso de las TIC como soporte al proceso formativo?



Si	16	84.2%
No	3	15.8%

C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería”

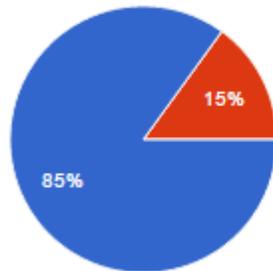


Egresados y estudiantes:

A. ¿Considera que las TIC en los procesos de enseñanza/aprendizaje aportan o aportarían a la formación de los ingenieros para enfrentar los retos actuales de la ingeniería?



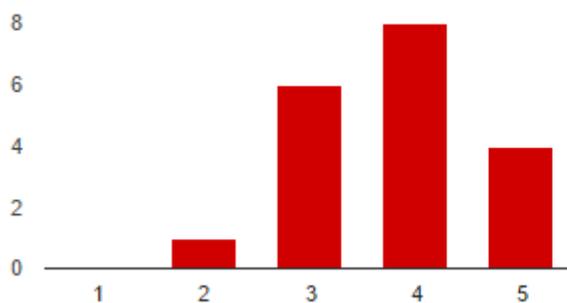
- B. ¿Le gustaría que en las asignaturas relacionadas con la Gestión de la Producción y Operaciones se incluyera mayoritariamente el uso de las TIC como soporte al proceso formativo?



Si	17	85%
No	3	15%

- C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Cuando las TIC se convierten en herramientas constantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje, los futuros profesionales estarán mejor preparados para enfrentar los retos actuales de la ingeniería”

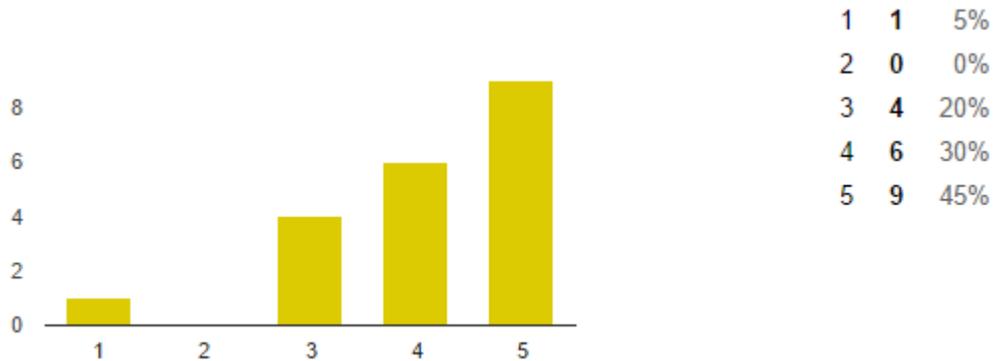


1	0	0%
2	1	5.3%
3	6	31.6%
4	8	42.1%
5	4	21.1%

- ***Cuando los temas tratados en clases de GPO y las expectativas profesionales son acordes con la realidad profesional se evidencia el aumento en la preparación y el desempeño profesional de los futuros ingenieros***

A. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

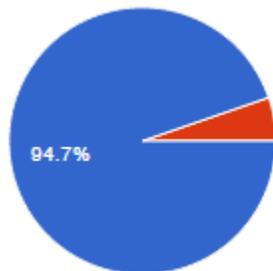
“Cuando los temas tratados en clases de GPO y las expectativas profesionales son acordes con la realidad profesional se evidencia el aumento en la preparación y el desempeño profesional de los futuros ingenieros”



- **Los casos de estudio son fundamentales para el buen desempeño de los estudiantes en su aprendizaje.**

Egresados y estudiantes

A. ¿Considera que los casos de estudio han aportado a su formación como ingeniero?



Si	18	94.7%
No	1	5.3%

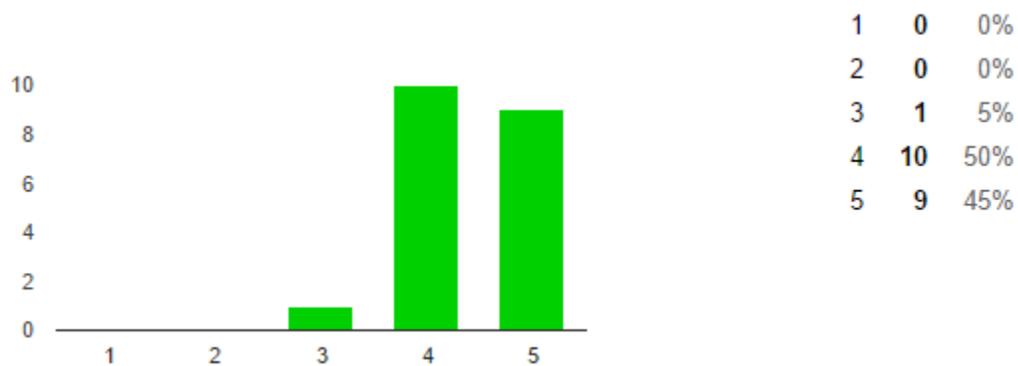
B. ¿Considera necesario aumentar los casos de estudio para facilitar los procesos de enseñanza/aprendizaje y afianzar mejor el conocimiento?



Si	20	100%
No	0	0%

C. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“Los casos de estudio son fundamentales para el buen desempeño de los estudiantes en su aprendizaje.”

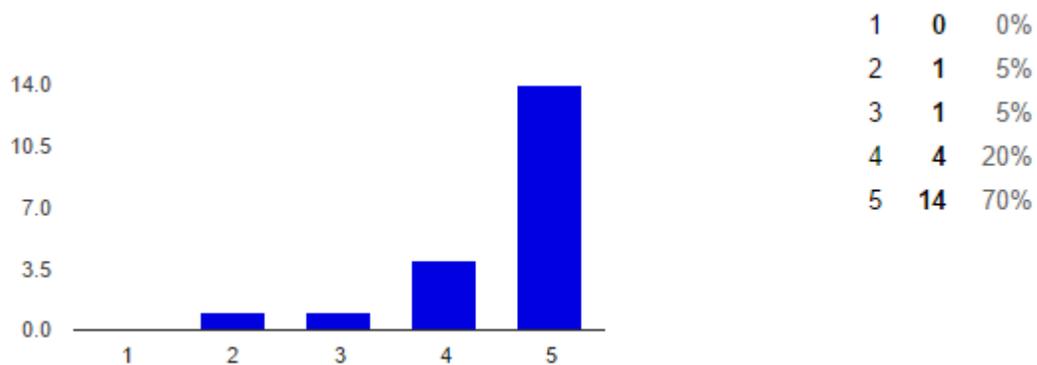


- ***El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por la capacidad y nivel de enseñanza de los docentes***

Estudiantes, egresados.

A. De 1 a 5 califique la veracidad de la siguiente afirmación, siendo 5 muy verdadera y 1 muy falsa.

“El nivel de aprendizaje por parte de los estudiantes se ve influenciado por la capacidad y nivel de enseñanza de los docentes.”

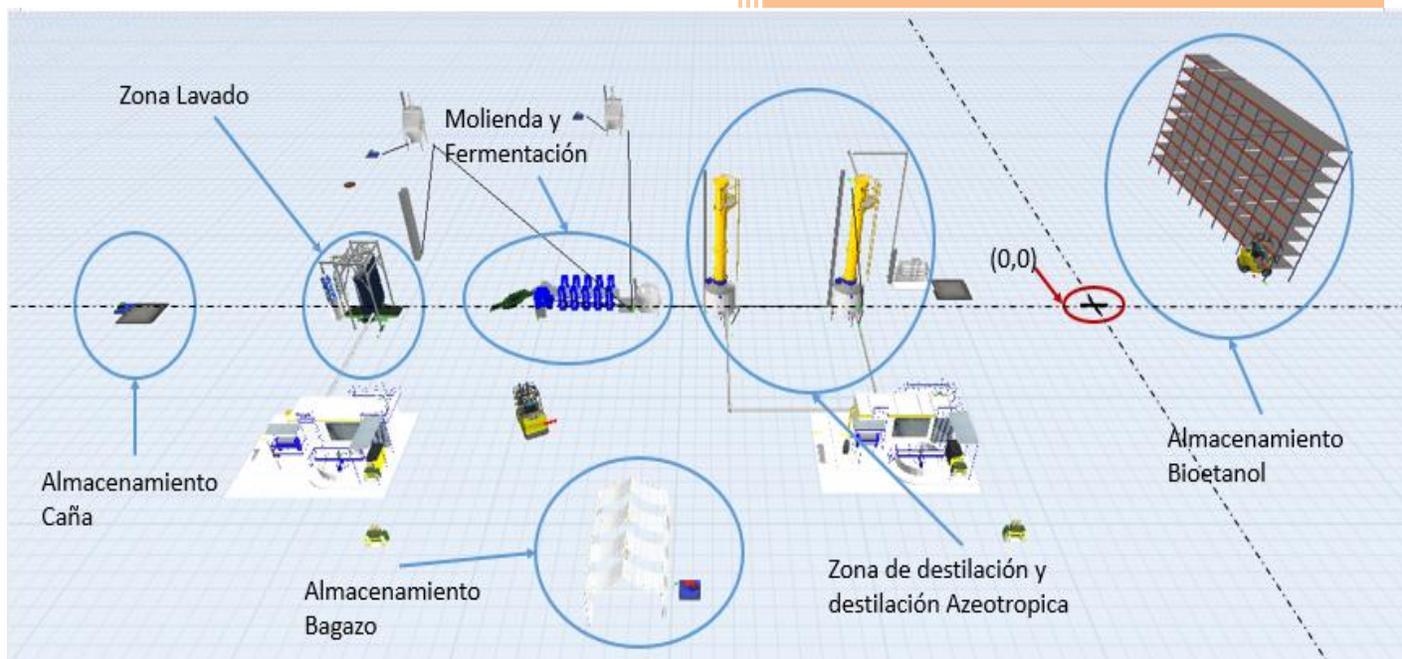


G. Anexo: Manuales de usuario del software desarrollado.

En esta sección se exponen los manuales de usuario de los softwares desarrollados los cuales pueden ser encontrados el sitio we web <https://modelogpoeniq.wordpress.com/> junto con otra información relevante en este proyecto investigativo.

2015

MANUAL TÉCNICO DE USUARIO MODELO DE ENTRENAMIENTO EN TOMA DE DECISIONES RELACIONADAS CON GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN DE BIOETANOL



Jhonathan Vargas Barbosa

Estudiante

Jaime Alberto Giraldo García

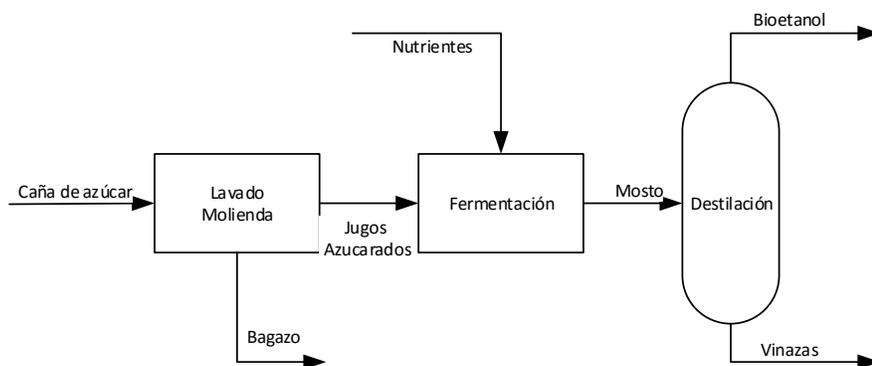
Docente

JUSTIFICACIÓN.

El modelo de decisión desarrollado permite a los estudiantes de ingeniería química entrenarse para la toma de decisiones en temas relacionados con la GPO dado que la simulación permite experimentar con una abstracción de un proceso real sin afectarlo ni correr con los riesgos y costos que esto conlleva.

Mediante el modelo de simulación desarrollado se permite al usuario final ingresar los valores de las variables de decisión, evaluar cómo se comporta el sistema y como estas variables de decisión afectan la producción de bioetanol.

Fig. 1. Esquema simplificado de producción de bioetanol a partir de caña de azúcar.

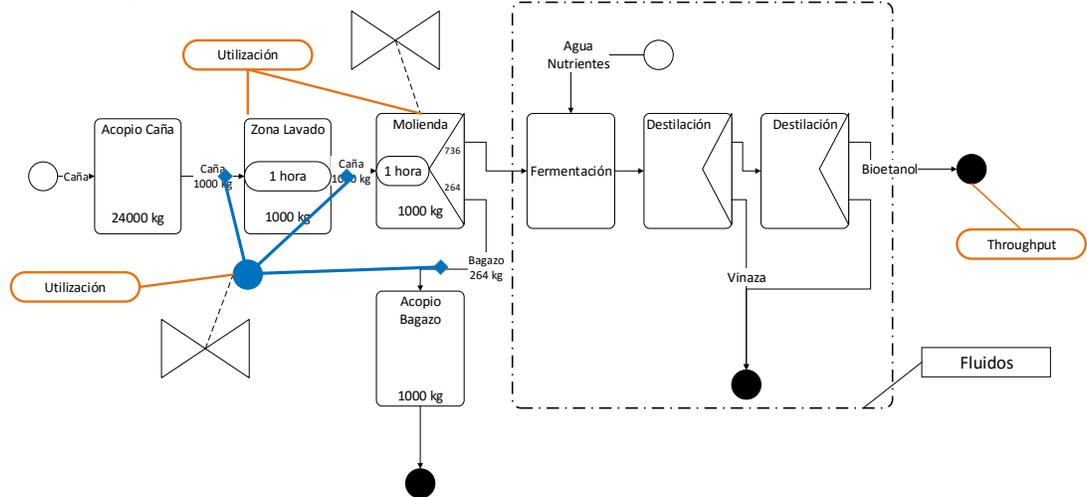


El modelo está descrito en el artículo “Modelo de entrenamiento en toma de decisiones relacionadas con gestión de producción y operaciones de un sistema de fabricación de bioetanol” publicado en el volumen 12 número 1 de la revista Iteckne <http://www.ustabuca.edu.co/ustabmanga/revista-iteckne>, autores Jhonathan Mauricio Vargas Barbosa y Jaime Alberto Giraldo García.

Tabla 1. Componentes entrada/salida del modelo de decisión.

Variable	Descripción de la Variable	Unidad de Medida
x_1	Coordenada x zona de almacenamiento de caña	Metros (m)
x_2	Coordenada y zona de almacenamiento de caña	Metros (m)
x_3	Coordenada x zona de lavado de caña	Metros (m)
x_4	Coordenada y zona de lavado de caña	Metros (m)
x_5	Coordenada x zona de almacenamiento de bagazo	Metros (m)
x_6	Coordenada y zona de almacenamiento de bagazo	Metros (m)
x_7	Capacidad Molienda	Kilogramos (Kg)
x_8	Capacidad zona lavado de caña	Kilogramos (Kg)
x_9	Tiempo de molienda según distribución de probabilidad	Horas (h)
x_{10}	Tiempo lavado de caña según distribución de probabilidad	Horas (h)
y	Variable respuesta, producción de etanol en un periodo de tiempo dado	Litros (L)
$f(x_i)$	Modelo de simulación	

Fig. 2. Representación conceptual del modelo de simulación.



El estudiante tendrá la posibilidad de modificar algunos valores en la distribución de planta, valores en tiempos de operación y capacidades de equipos para ver como dichos cambios afectan la producción de bioetanol para un periodo de tiempo determinado.

Esta herramienta es producto de la tesis de maestría en ingeniería industrial titulada “MODELO DE SOPORTE AL PROCESO ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES BASADO EN TICS. APLICACIÓN AL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA” de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. El software está en proceso de registro ante el Ministerio del Interior.

REQUISITOS QUE HA DE SATISFACER EL SISTEMA.

REQUISITOS FUNCIONALES.

El modelo simulado representa un sistema simplificado de producción de bioetanol, esta herramienta fue diseñada con fines didácticos y su objetivo primordial es que los estudiantes entiendan el concepto de distribución de plantas, planeación de capacidad; y como las decisiones que esto conlleva afectan todo el sistema productivo.

REQUISITOS DE INTERFAZ CON EL USUARIO.

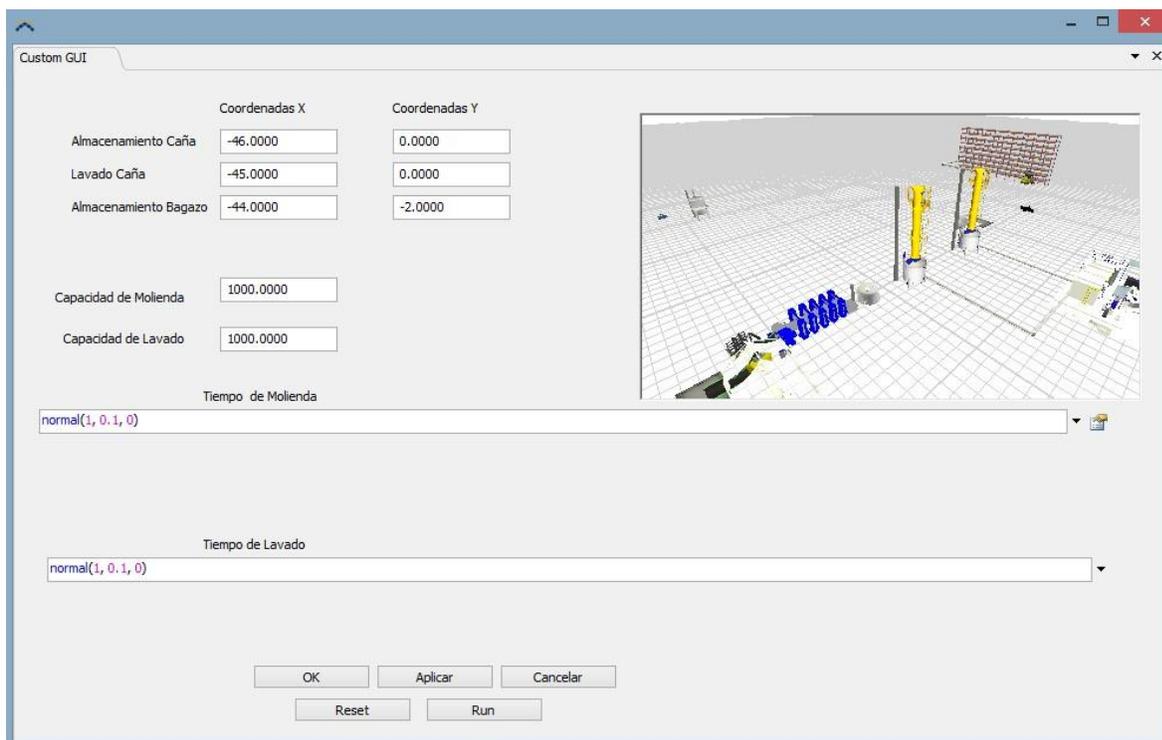
Hace referencia a la interacción hombre máquina, en la figura 3 se muestra la interfaz de usuario desarrollada en el software flexsim donde los usuarios finales pueden modificar algunas variables de decisión y ver como las decisiones tomadas afectan en tiempo real los procesos.

REQUISITOS TÉCNICOS.

Para la ejecución de la herramienta desarrollada es necesario:

- Software flexsim versión 7.0.1 o posterior.

Fig. 3. Interfaz gráfica de usuario.

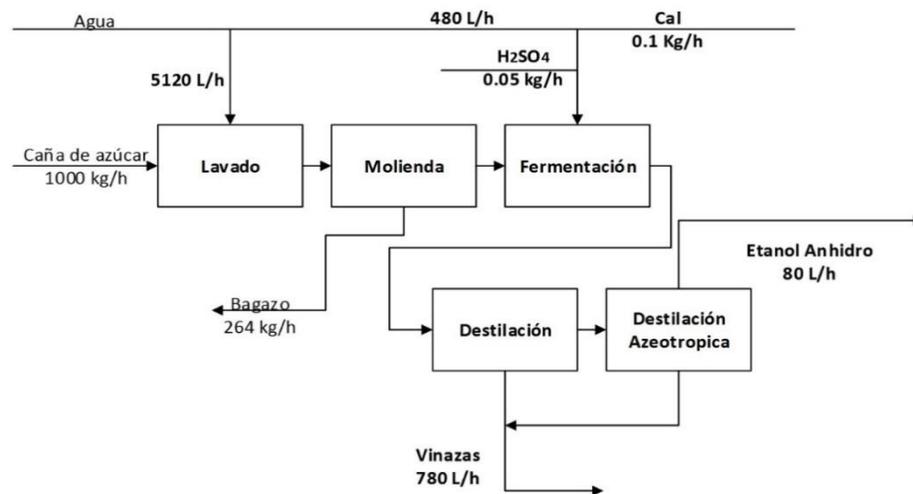


DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SIMULADO.

La figura 4 muestra un esquema operacional básico de flujos de material de un sistema de producción de bioetanol en particular. A partir de un flujo de caña de 1000 kg/hora, el cual para su lavado requiere 5000 l/hora de agua para remover las impurezas que podrían contaminar los jugos azucarados en la fermentación. La caña debe pasar por un proceso de molienda donde se extraen los jugos azucarados y como subproducto se obtiene bagazo el cual en muchas plantas es utilizado para la generación de energía mediante la combustión. Se estima que por cada kilogramo de caña, el 73% representan los jugos azucarados. A estos jugos se les deben agregar algunos nutrientes y sustancias químicas para adecuar las condiciones para la fermentación donde los microorganismos digieren los azúcares y los transforman en etanol; al producto de la fermentación se le conoce como mosto. Este último contiene etanol y otras sustancias, por lo que es necesario separar el producto de interés (etanol) de los subproductos contaminantes, por lo que se pasa esta mezcla por dos etapas de destilación. La primera separa el etanol del resto de sustancias hasta una concentración alrededor del 95% en volumen, el cual representa el punto azeótropo (máxima concentración de etanol a condiciones normales), luego se pasa a la segunda etapa de destilación donde se modifican las condiciones de temperatura y presión para obtener un producto 100% puro. Como subproducto de la destilación se obtienen vinazas las cuales contienen gran cantidad de materia orgánica que debe ser tratada antes de ser vertida en los afluentes. Se estima que por cada litro de etanol producido, se

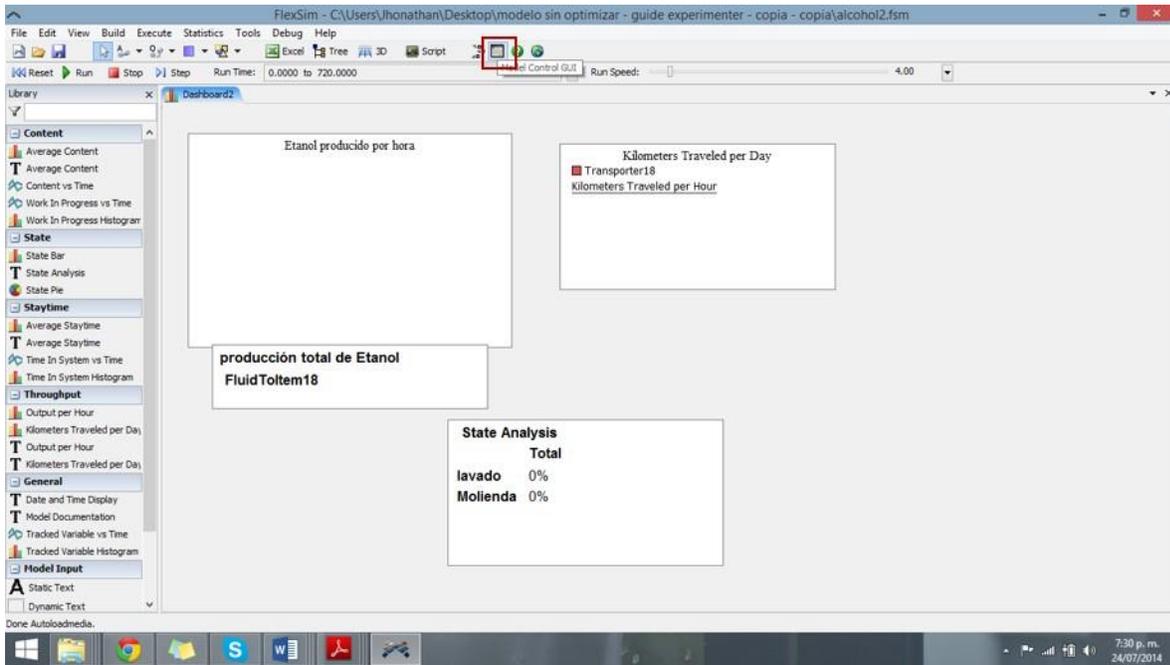
obtienen alrededor de 9.7 litros de vinazas, las cuales representan un gran problema ambiental al no ser tratadas como corresponden.

Fig. 4. Esquema básico del modelo simulado.

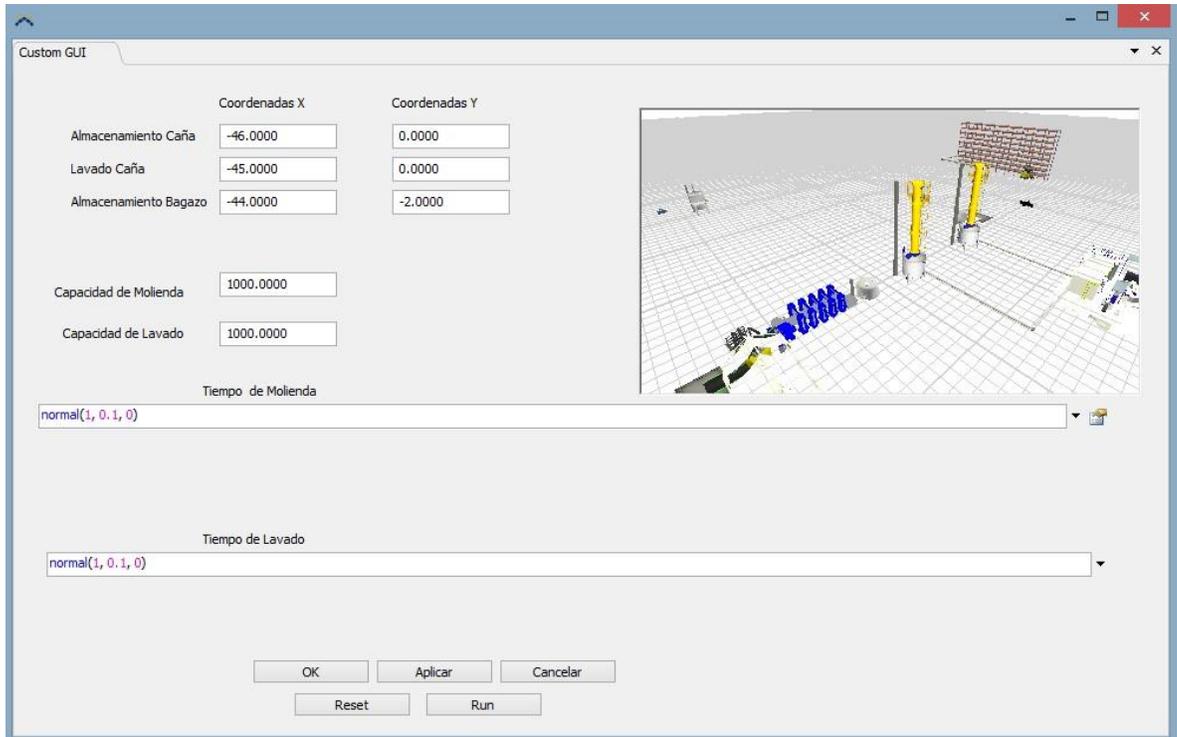


MODO DE EJECUCIÓN

1. Los requerimientos necesarios para poder visualizar el modelo de simulación didáctico son: Software Flexsim 7. El modelo se puede descargar desde [aquí](#). El software flexsim se puede descargar desde el siguiente Link <https://www.flexsim.com/free-trial/> en su versión gratuita.
2. Para poder ejecutar el modelo primero debe instalarse el software Flexsim 7.
3. Luego de haber instalado el software Flexsim 7, abra el archivo [alcohol2.fsm](#) dando doble clic sobre él.
4. Luego de abierto, Diríjase al botón GUI en la parte superior



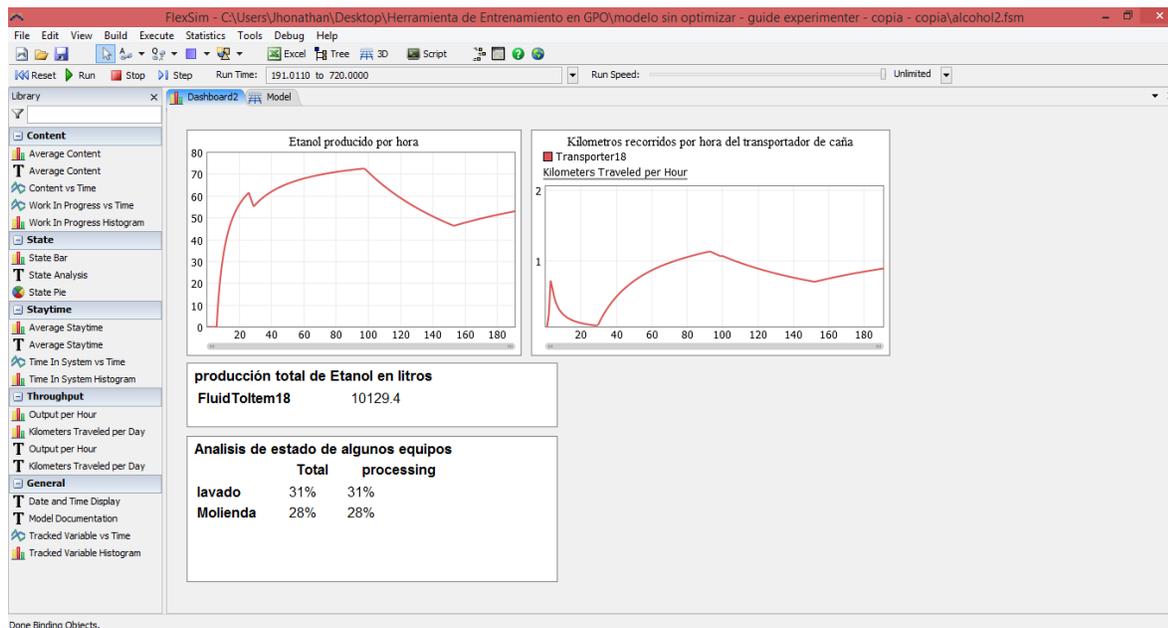
5. En la nueva ventana puede ingresar los valores de las variables mostradas.



DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	UNIDAD DE MEDIDA
COORDENADA X ZONA DE ALMACENAMIENTO DE CAÑA	Metros (m)
COORDENADA Y ZONA DE ALMACENAMIENTO DE CAÑA	Metros (m)
COORDENADA X ZONA DE LAVADO DE CAÑA	Metros (m)
COORDENADA Y ZONA DE LAVADO DE CAÑA	Metros (m)
COORDENADA X ZONA DE ALMACENAMIENTO DE BAGAZO	Metros (m)
COORDENADA Y ZONA DE ALMACENAMIENTO DE BAGAZO	Metros (m)
CAPACIDAD MOLIENDA	Kilogramos (Kg)
CAPACIDAD ZONA LAVADO DE CAÑA	Kilogramos (Kg)
TIEMPO DE MOLIENDA	Horas (h)
TIEMPO LAVADO DE CAÑA	Horas (h)

6. Ya puede correr la simulación y evaluar como las variables descritas tienen una fuerte influencia en el proceso productivo. El modelo está planteado para que simule 720 horas o 30 días.

7. Las medidas de desempeño del sistema se pueden ver en tiempo real.



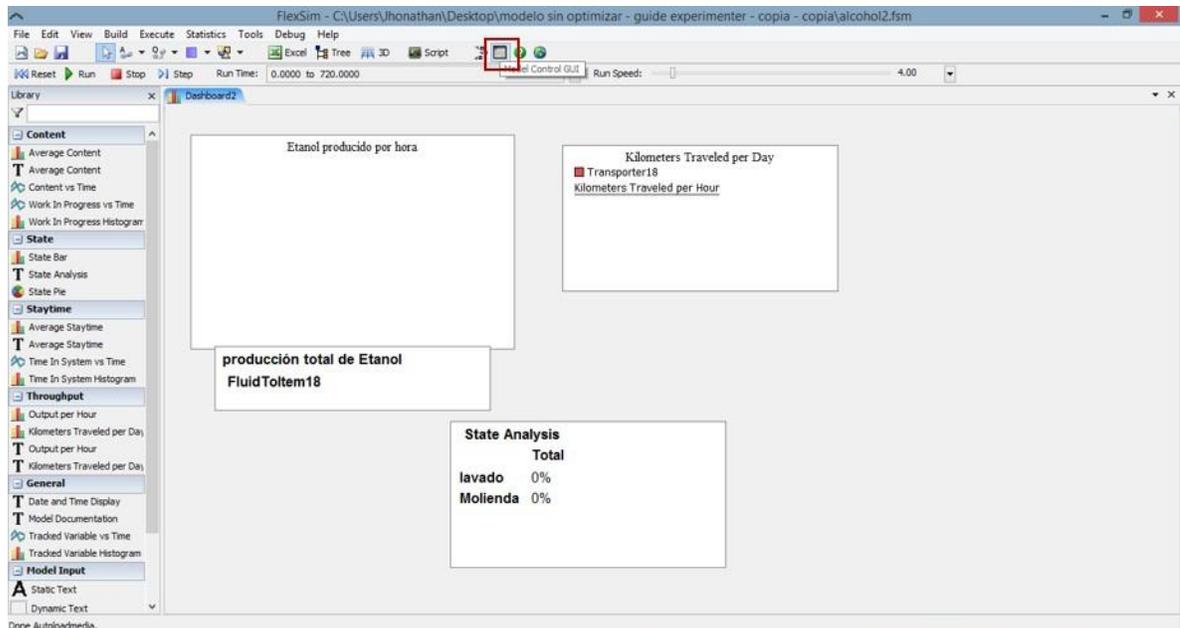
EJERCICIO PROPUESTO

Enunciado del problema	¿Cuáles serán los valores relacionados con la distribución de planta, tiempos de operación y capacidades de algunos equipos que permitan obtener una tasa de producción alta de bioetanol?
Relación con el conocimiento previo de los estudiantes	El estudiante debe estar cursando temas relacionados con la Gestión de la Producción y Operaciones, familiarizado con los sistemas de producción y diseño de plantas.
Elementos desconocidos del problema que demanden más información	El estudiante deberá indagar por: -Tiempos de operación de algunos equipos y expresarlos en términos de distribuciones de probabilidad. -Requisitos técnicos y de seguridad para la distribución de plantas.
Interés y relevancia para los estudiantes	El interés se da por la posibilidad de experimentar con un sistema virtual que representa a un sistema real a costos cero. La relevancia está en poder trabajar con objetos de estudio propios de la ingeniería química como lo son los sistemas de producción
¿El problema refleja la complejidad de los problemas de la vida real?	La complejidad del proceso de producción de bioetanol se da por: 1. Comportamiento altamente aleatorio en los tiempos de molienda y lavado de la materia prima. 2. La necesidad de estudiar el proceso en cada instante del tiempo. 3. La interdependencia entre cada parte del proceso de producción de bioetanol.

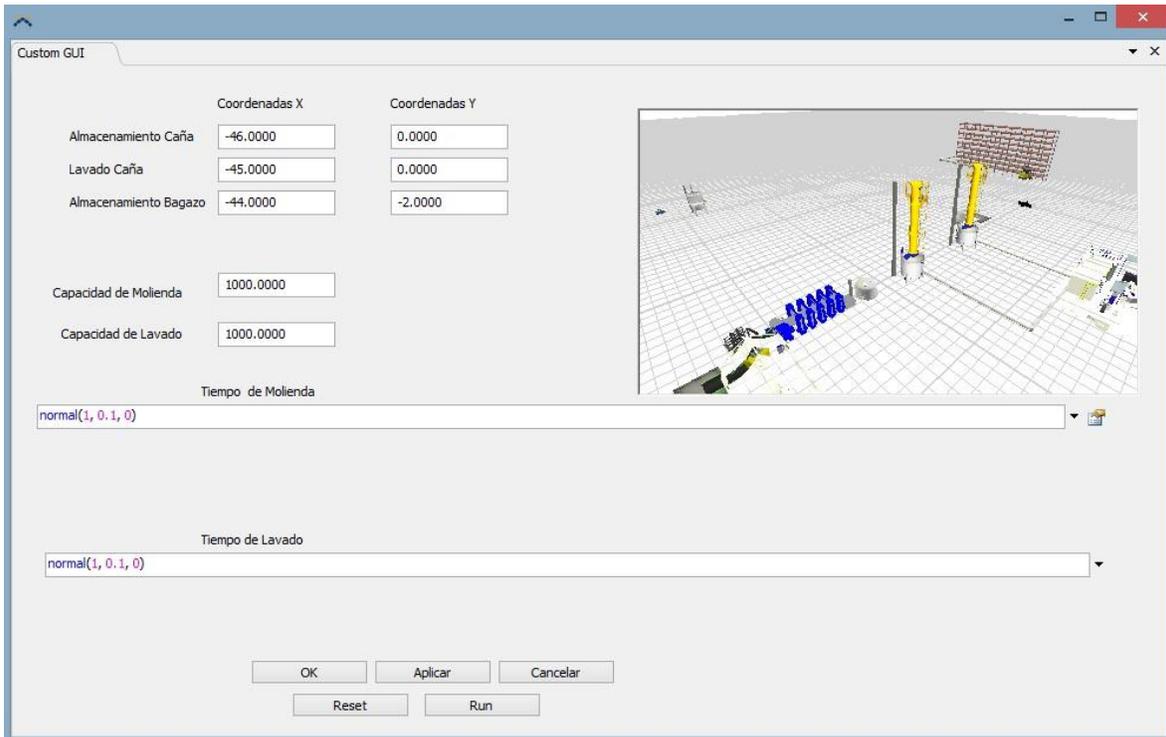
Escenarios de simulación planteados

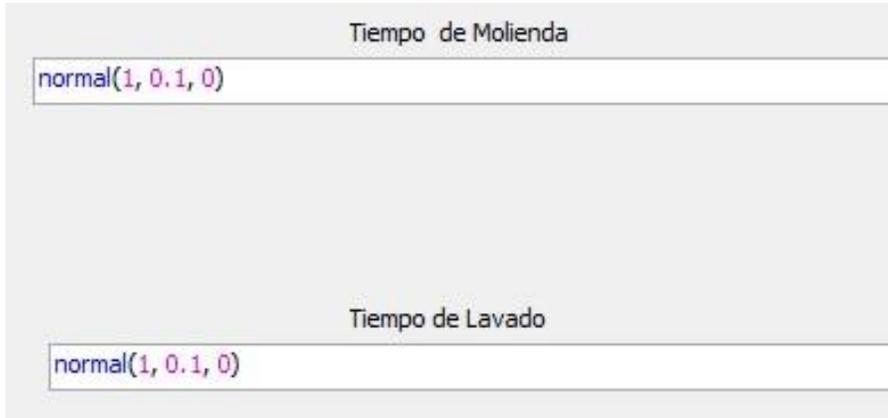
	Escenario 1		Escenario 2		Escenario 3		Escenario 4	
	X	Y	X	Y	X	Y	x	y
Almacenamiento Caña	-70	0	-46	0	-70	0	-46	0
Lavado Caña	-54	0	-45	2	-54	0	-45	2
Acopio Bagazo	-34	-20	-44	-2	-34	-20	-44	-2
Capacidad Molienda	1000		1000		1000		1000	
Capacidad Lavado de Caña	1000		1000		2000		2000	
Tiempo Molienda	Dist. Normal Media 1 h Desv. 0.1 h		Dist. Normal Media 1 h Desv. 0.1 h		Dist. Normal Media 2 h Desv. 0.1 h		Dist. Normal Media 2 h Desv. 0.1 h	
Tiempo Lavado de Caña	Dist. Normal Media 1 h Desv. 0.1 h		Dist. Normal Media 1 h Desv. 0.1 h		Dist. Normal Media 2 h Desv. 0.1 h		Dist. Normal Media 2 h Desv. 0.1 h	

1. abra el archivo [alcohol2.fsm](#) dando doble clic sobre él.
2. Luego de abierto, Diríjase al botón GUI en la parte superior



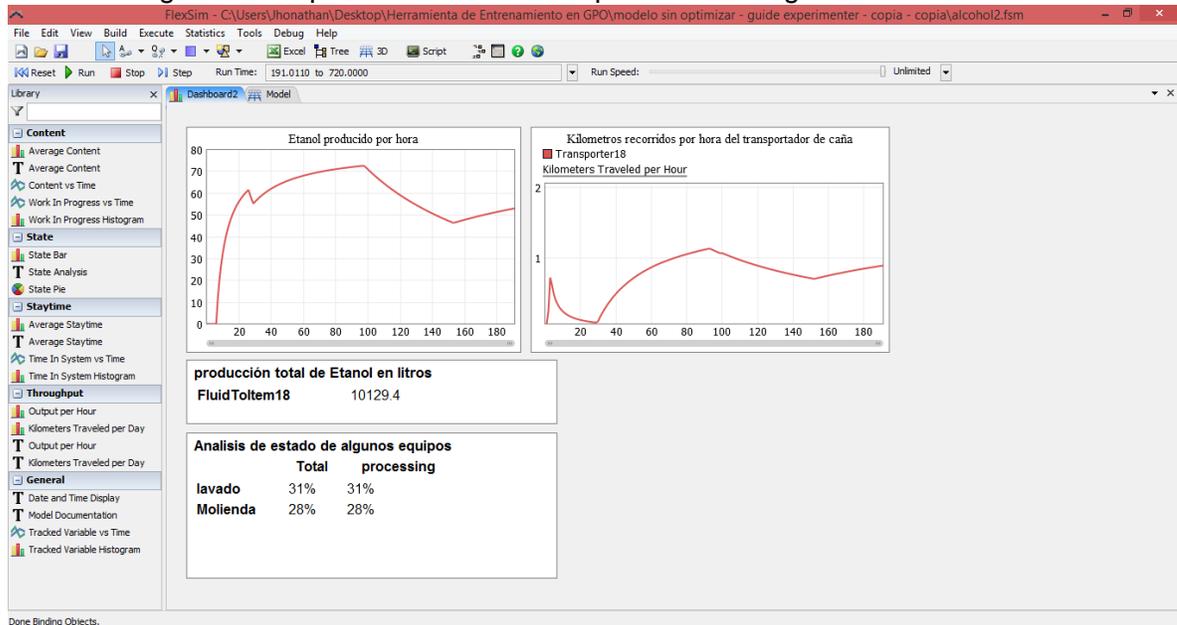
3. En la nueva ventana puede ingresar los valores de las variables mostradas, se ingresan los valores de cada escenario

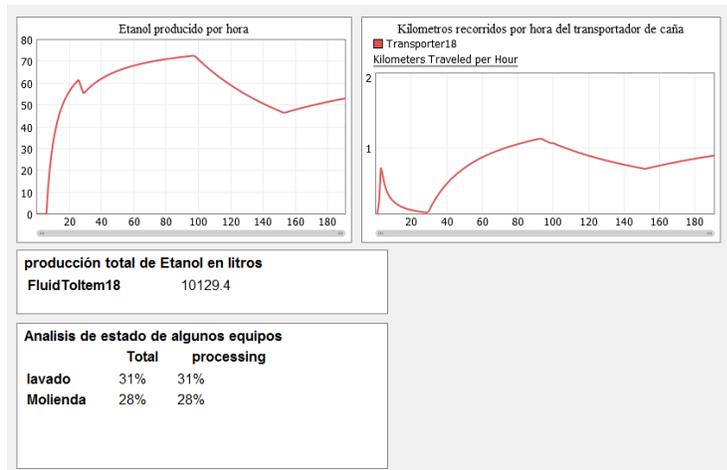




- Ya puede correr la simulación y evaluar como las variables descritas tienen una fuerte influencia en el proceso productivo. El modelo está planteado para que simule 720 horas o 30 días.

5. Los gráficos respuesta se ven en tiempo real de la siguiente forma.



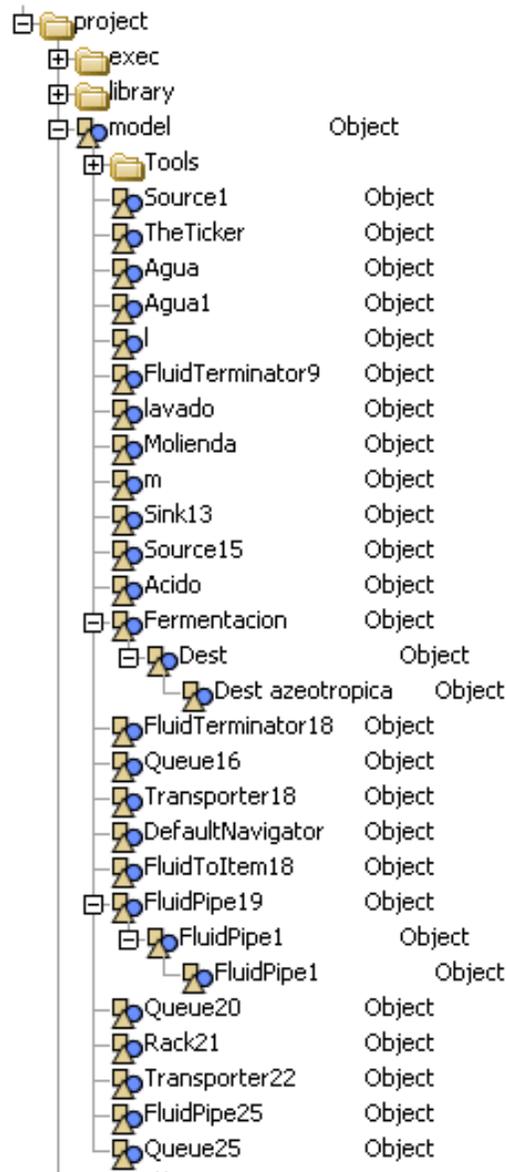


6. Al ejecutar cada uno de los escenarios y ejecutando cada uno 5 veces para obtener la variación de los resultados, tenemos un set de respuestas, que graficándolos en Excel ayudan a tomar una decisión con respecto a la distribución de plantas.



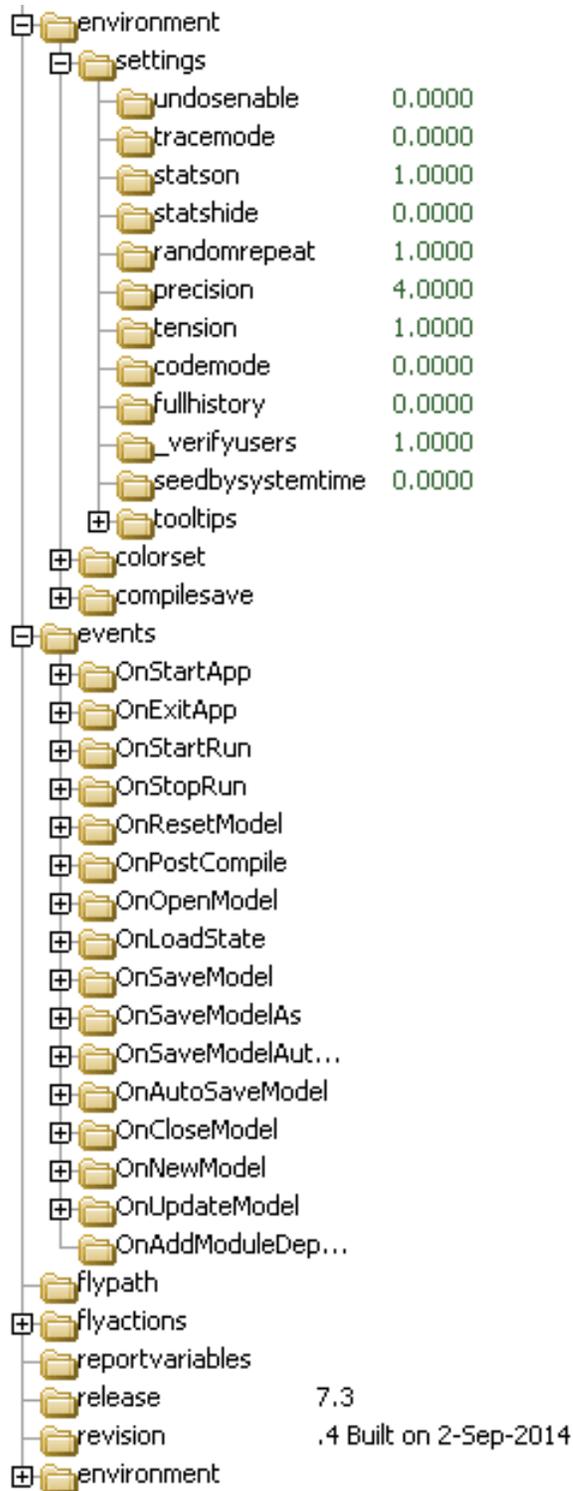
Se observa como claramente los escenarios 2 y 4 son los que presentan mayores niveles de producción de bioetanol y utilización de equipos. Cabe destacar que el usuario final puede establecer infinitos escenarios y encontrar resultados que cumplan con los objetivos de los ejercicios planteados.

CÓDIGO DEL MODELO



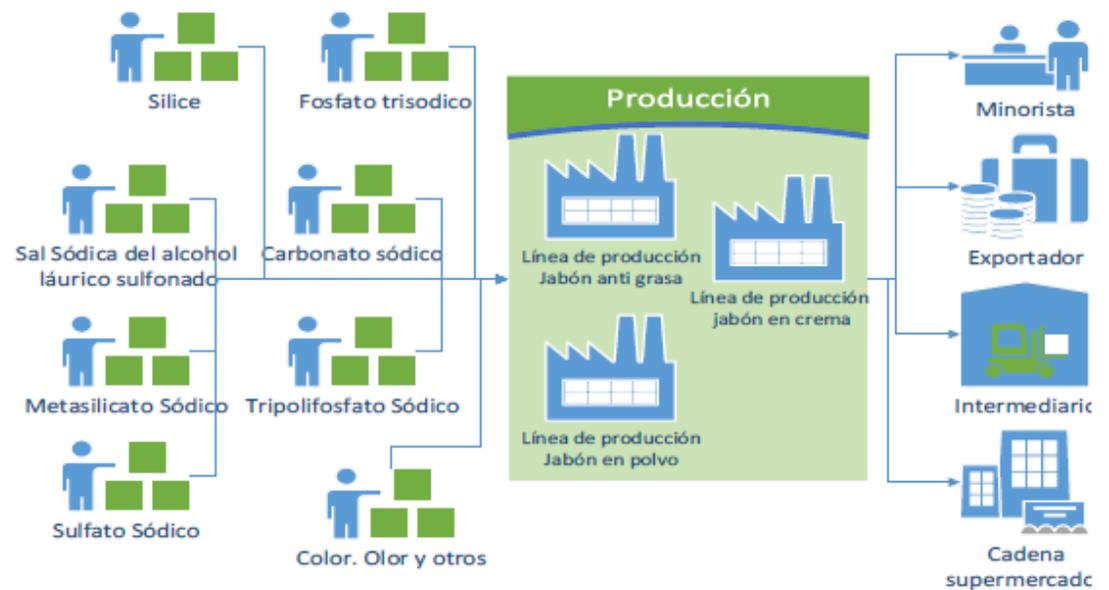
The image shows a file explorer interface with a tree view of a project directory. The 'undo' folder is expanded, revealing a list of history items. Each item consists of an ID, a description of the change, and a file path. The 'undo limit' is set to 1024.0000. The 'bin' folder is at the bottom with a value of 0.0000.

Folder/Item	Value	Description
userlibrary	1.0000	
media		
objects		
images		
fs3d\General\Circ...	4.0000	
fs3d\General\Tran...	5.0000	
fs3d\Other\Node...	6.0000	
fs3d\Rack\Rack.png	7.0000	
fs3d\Rack\RackPl...	8.0000	
bitmaps\rackshelf...	11.0000	
fs3d\Conveyor\R...	12.0000	
fs3d\Conveyor\Be...	15.0000	
sounds		
modules		
undo		
undo limit	1024.0000	
history	MAIN:/project/undo/history/id 46	
id 1	id 1 change bit flags on /Fermentation	
id 4	id 4 change bit flags on /FluidPipe19	
id 7	id 7 change bit flags on /FluidPipe19/FluidPipe1	
id 10	id 10 change bit flags on /Source1	
id 13	id 13 change bit flags on /Source1	
id 16	id 16 change bit flags on MAIN:/project/media	
id 19	id 19 change bit flags on MAIN:/project/media/objects	
id 22	id 22 change bit flags on MAIN:/project/media/objects	
id 25	id 25 change bit flags on MAIN:/project/media/images	
id 28	id 28 change bit flags on MAIN:/project/environment	
id 31	id 31 change bit flags on MAIN:/project/environment/settings	
id 34	id 34 change bit flags on MAIN:/project/environment/colorset	
id 37	id 37 change bit flags on MAIN:/project/environment/colorset	
id 40	id 40 change bit flags on MAIN:/project/environment/compilesave	
id 43	id 43 change bit flags on MAIN:/project/environment/compilesave	
id 46	id 46 change bit flags on MAIN:/project/events	
bin	0.0000	



2015

MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO MODELO DE ENTRENAMIENTO EN TOMA DE DECISIONES RELACIONADAS CON GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN DE JABÓN



Jhonathan Vargas Barbosa
 Estudiante
 Jaime Alberto Giraldo García
 Docente

JUSTIFICACIÓN.

El modelo de decisión desarrollado permite a los estudiantes de ingeniería química entrenarse para la toma de decisiones en temas relacionados con la GPO dado que la simulación permite experimentar con una abstracción de un proceso real sin afectarlo ni correr con los riesgos y costos que esto conlleva.

Desde la perspectiva de la GPO, el sistema a modelar consta estructuralmente de tres eslabones: proveedores de materia prima, planta de producción y clientes. Operacionalmente la materia prima llega a la zona de acopio, luego es trasladada a las tres líneas de producción donde se cuentan con mezcladores, empacadoras y otros equipos. El proceso es gestionado por operarios que manipulan los equipos tanto de mezclado como de empaque. El producto terminado es enviado a una zona de almacenamiento para luego ser distribuido entre los clientes. En este tipo de sistemas se deben tomar decisiones, a corto plazo como producción diaria; a mediano plazo selección de proveedores y rediseño de productos y a largo plazo requerimientos de capacidad y ubicación de la planta, entre otras. Por esta razón se propone un modelo de entrenamiento para la toma de decisiones en GPO mediante el cual se plantea una situación-problema relacionada con el desempeño operativo del sistema y cuya solución implica que el discente establezca los niveles de las variables de decisión relacionadas con la GPO (nivel de reorden de materia prima, número de operarios en planta, capacidad de los equipos, etc.), y evaluar cómo estas impactan dicho desempeño (por ejemplo, el nivel de producción).

Fig. 1. Cadena logística típica en la producción de jabón.

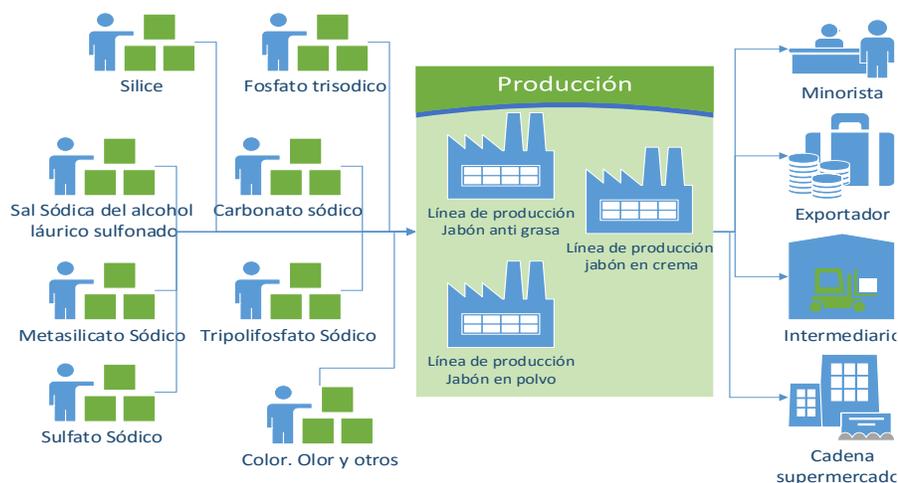


Tabla 1. Variables de decisión y sus niveles de operación.

<i>Variable respuesta</i>	<i>Var.</i>	<i>Descripción de la variable de decisión</i>	<i>Unidad</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>
y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)	$x_{1,1}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg	Kg	9000	18000
	$x_{2,1}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg	Kg	2000	4000
	$x_{3,1}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,1}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	15	30
	$x_{5,1}$	Tiempo de empaque maquina 1kg	Min	0.05	0.1
y_2 (Producción jabón anti grasa 2kg)	$x_{1,2}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 2 kg	Kg	9000	18000
	$x_{2,2}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 2 kg	Kg	2000	4000
	$x_{3,2}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,2}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	15	30
	$x_{5,2}$	Tiempo de empaque maquina 2kg	Min	0.05	0.1
y_3 (Producción jabón en crema)	$x_{1,3}$	Stock reorden Sílice jabón en crema	Kg	9000	18000
	$x_{2,3}$	Stock reorden Color y Olor jabón en crema	Kg	200	400
	$x_{3,3}$	Stock reorden Empaques jabón en crema	Kg	2000	4000
	$x_{4,3}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{5,3}$	Tiempo Empaque jabón en crema	Min	0.005	0.01
y_4 (Producción jabón en polvo)	$x_{1,4}$	Stock reorden Tripolifosfato Sódico jabón en polvo	Kg	700	1400
	$x_{2,4}$	Stock reorden Empaques jabón en polvo	Kg	2000	4000
	$x_{3,4}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,4}$	Tiempo de mezclado olor y color jabón en polvo	Min	20	40
	$x_{5,4}$	Tiempo de empaque jabón en polvo	Min	0.05	0.1

El modelo esta descrito en el artículo “Modelo Didáctico en Toma de Decisiones relacionadas con la Gestión de Producción y Operaciones (GPO). Aplicación en Ingeniería Química” publicado en el volumen 8 número 6 de la revista chilena Formación Universitaria, autores Jhonathan Mauricio Vargas Barbosa y Jaime Alberto Giraldo García.

Esta herramienta es producto de la tesis de maestría en ingeniería industrial titulada “MODELO DE SOPORTE AL PROCESO ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES BASADO EN TICS. APLICACIÓN AL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA” de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. El software está en proceso de registro ante el Ministerio del Interior.

REQUISITOS QUE HA DE SATISFACER EL SISTEMA.

REQUISITOS FUNCIONALES.

El modelo simulado representa un sistema simplificado de producción de jabón incluyendo actores de la cadena logística como los proveedores y los clientes, esta herramienta fue diseñada con fines didácticos y su objetivo primordial es que los estudiantes se familiaricen con diferentes conceptos y temáticas abordadas por la GPO tales como:

- Planeación y control de la producción.
- Manejo de inventarios y stock de reorden.

REQUISITOS DE INTERFAZ CON EL USUARIO.

Hace referencia a la interacción hombre máquina, en la figura 2 y en la figura 3 se muestran las interfaces de usuario desarrolladas en el software flexsim y en Excel. En estas interfaces graficas donde los usuarios finales pueden modificar algunas variables de decisión y ver como las decisiones tomadas afectan en tiempo real los procesos.

Fig. 2. Interfaz gráfica de usuario en el software flexsim.

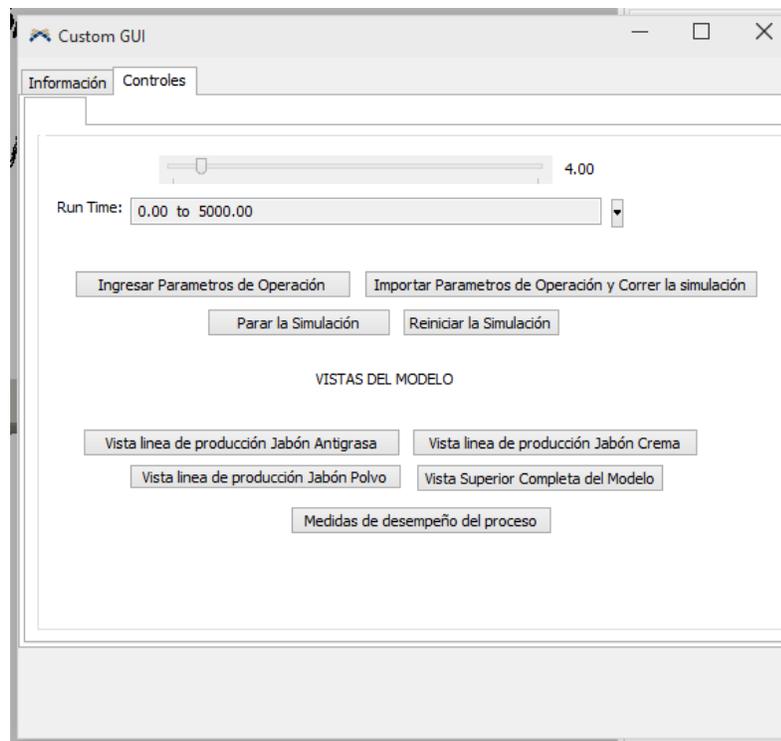


Fig. 3. Interfaz gráfica de usuario desarrollada en Excel.

Tiempo de procesamiento en Minutos

20
15
20
0.05
0.05

Tiempo procesamiento en Minutos

0.005

Tiempo procesamiento o en Minutos

5
5
20
5
20
5
20
20
20
20
20
0.05

PARAMETROS DE OPERACION DEL SISTEMA SIMULADO

PRODUCCIÓN JABÓN EN CREMA

Tiempo Emp. Jabón crema X 5.3

PRODUCCION JABÓN EN POLVO

Tiempo Mezcladora sal sodica-carbonato sodico

Tiempo Mezcladora metasilicato

Tiempo Molino tripolfosfato

Tiempo Mezcladora tripolfosfato

Tiempo Molino sulfato sodico

Tiempo Mezclador sulfato sodico

Tiempo Molino Carboximetil celulosa

Tiempo Mezclador Carboximetil celulosa X 4.4

Tiempo Mezclador olor y color X 4.4

Tiempo Empaque Jabón en polvo X 5.4

STOCK DE REORDEN MATERIA PRIMA (Kilogramos)

X 1.3 X 1.2 X 1.1 Silice	9000
Fosfato trisodico	2500
Sal sodica	700
X 2.4 X 3.3 X 2.2 X 2.1 Empaques	5000
X 2.3 Color y olor	200
Carbonato sodico	700
Metasilicato Sódico	700
X 1.4 Tripolfosfato Sódico	700
Sulfato Sódico	700
Carboximetil Celulosa	700

DEMANDA DE PRODUCTOS

Jabón Antigrasa 1kg	400	Jabón Antigrasa 2kg	250	Jabon en crema	500	Jabon en Polvo	750
Manizales	500		100		300		425
Pereira	600		150		200		50
Medellin	300		200		900		75
Buenaventura	1800		700		1900		1300
TOTAL							

PRODUCTOS

100
30
5
5
20
15
40
19
1
1

Numero de Montacargas 10 X 3.1 X 3.2 X 4.3 X 3.4

[Nota: recibir producto terminado]

REQUISITOS TÉCNICOS.

Para la ejecución de la herramienta desarrollada es necesario:

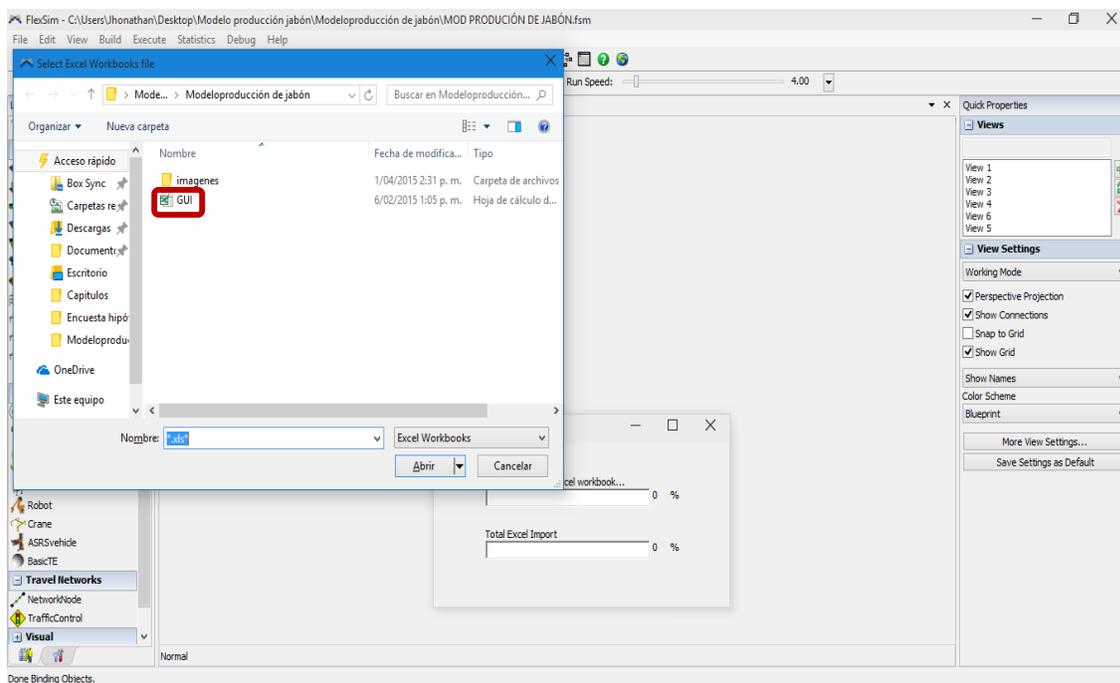
- Software flexsim versión 7.0.1 o posterior.
- Software Microsoft Excel 2010 o posterior.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO SIMULADO.

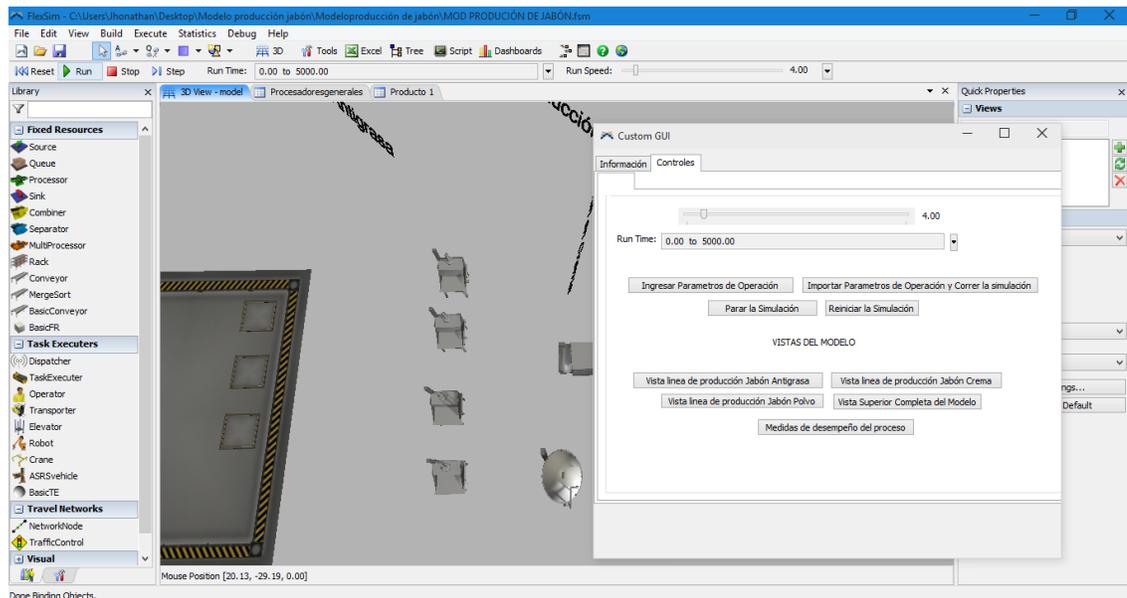
El proceso de simulación está integrado por tres eslabones de la cadena productiva de jabón, el primero son los proveedores. El segundo es la fábrica, la cual cuenta con tres líneas de producción; jabón en polvo, jabón en crema y jabón anti grasa. Y por último pero menos importante están los clientes. El control del proceso depende directamente de la disponibilidad de materias primas, tiempos de operación de los equipos y la capacidad de los mismos. En la figura 4 se ve el modelo conceptual de una de las tres líneas de producción.

Fig. 4. Modelo conceptual de la línea de producción de jabón en polvo

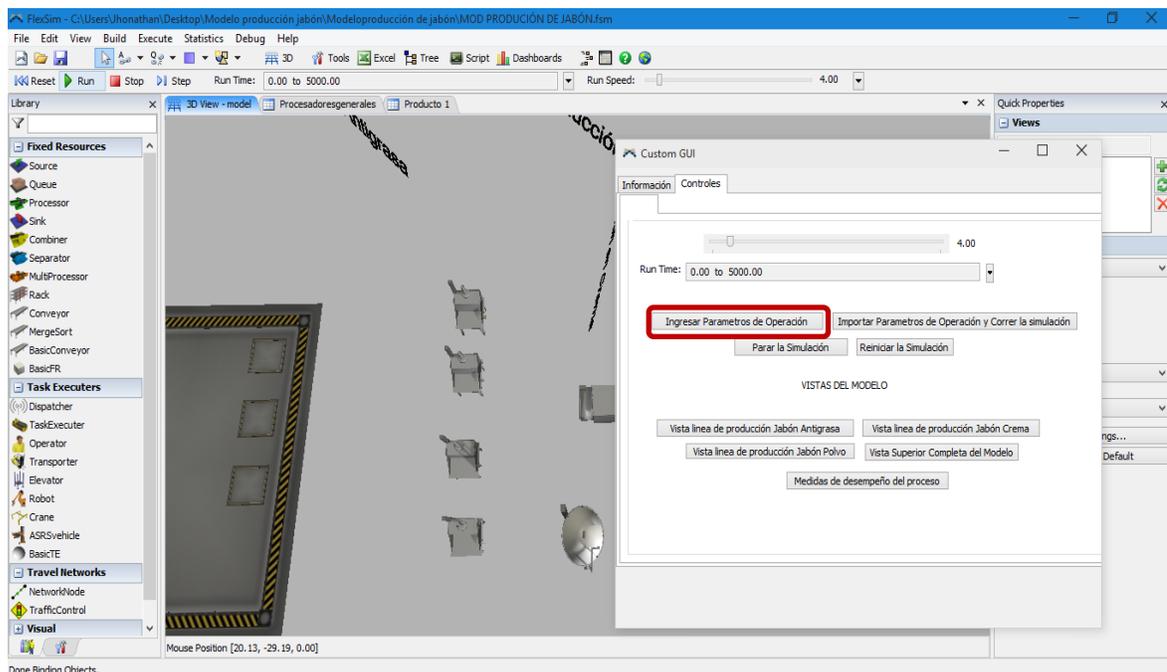
1. Los requerimientos necesarios para poder visualizar el modelo de simulación didáctico son: Software Flexsim 7. El modelo se puede descargar desde [aquí](#). El software flexsim se puede descargar desde el siguiente Link <https://www.flexsim.com/free-trial/> en su versión gratuita.
2. Para poder ejecutar el modelo primero debe instalarse el software Flexsim 7.
3. Luego de haber instalado el software Flexsim 7, abra el archivo **MOD PRODUCCIÓN DE JABÓN.fsm** dando doble clic sobre él.
4. Luego de abierto, el software le solicita que importe los datos de la interfaz gráfica GUI desarrollada en Excel, se encuentra en la misma carpeta que el archivo **MOD PRODUCCIÓN DE JABÓN.fsm**, y tiene como nombre **GUI.xlsx**



5. Automáticamente se abre la pantalla de control principal donde se pueden ingresar los parámetros de operación, correr la simulación, parar la simulación y diferentes vistas del modelo incluyendo la vista en tiempo real de algunas medidas de desempeño del proceso.



6. Al darle clic en el botón **Ingresar parámetros de operación** se abre la interfaz gráfica en Excel donde el usuario final puede ingresar los valores de las medidas de desempeño



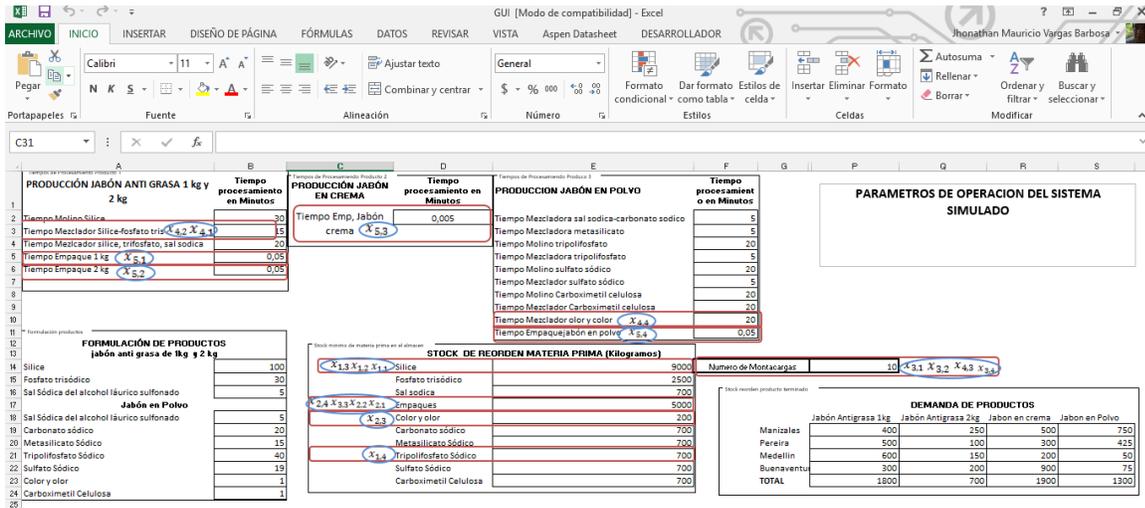
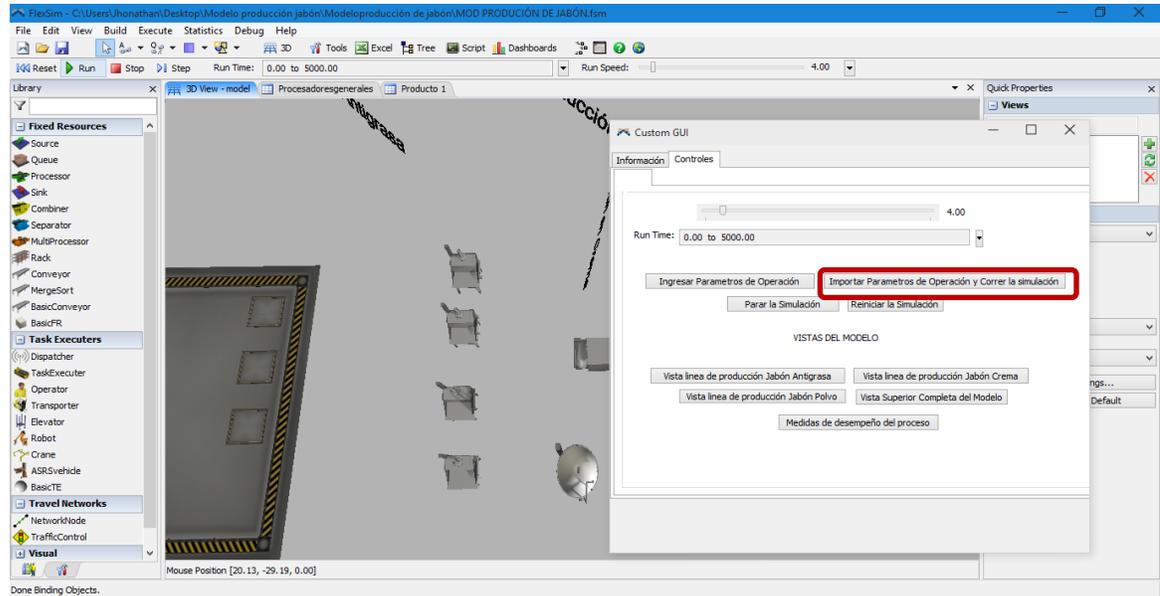


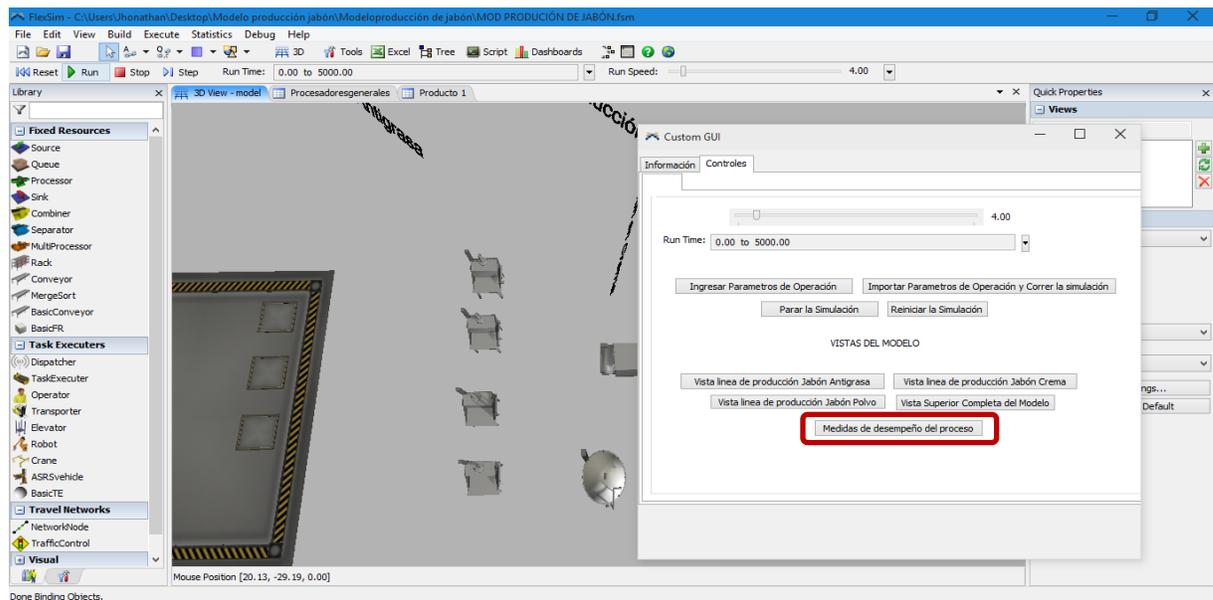
Tabla 1. Variables de decisión y sus niveles de operación.

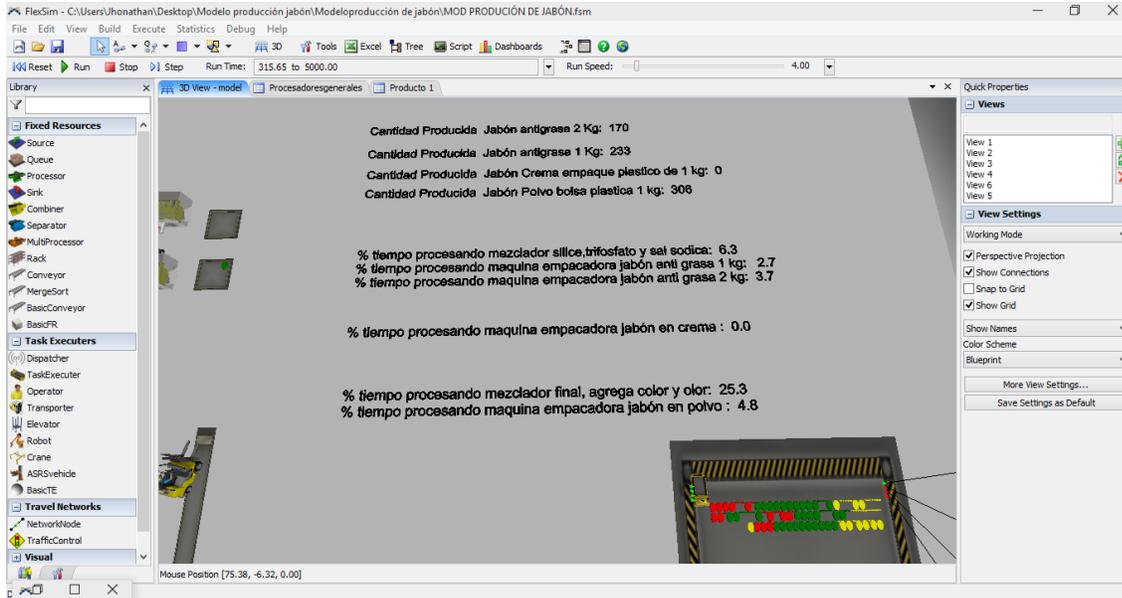
VARIABLE RESPUESTA	VAR.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE DE DECISIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÁX.	MÍN.
y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)	$x_{1,1}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg	Kg	9000	18000
	$x_{2,1}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg	Kg	2000	4000
	$x_{3,1}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,1}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	15	30
	$x_{5,1}$	Tiempo de empaque maquina 1kg	Min	0.05	0.1
y_2 (Producción jabón anti grasa 2kg)	$x_{1,2}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 2 kg	Kg	9000	18000
	$x_{2,2}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 2 kg	Kg	2000	4000
	$x_{3,2}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,2}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	15	30
	$x_{5,2}$	Tiempo de empaque maquina 2kg	Min	0.05	0.1
y_3 (Producción jabón en crema)	$x_{1,3}$	Stock reorden Sílice jabón en crema	Kg	9000	18000
	$x_{2,3}$	Stock reorden Color y Olor jabón en crema	Kg	200	400
	$x_{3,3}$	Stock reorden Empaques jabón en crema	Kg	2000	4000
	$x_{4,3}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{5,3}$	Tiempo Empaque jabón en crema	Min	0.005	0.01
y_4 (Producción jabón en polvo)	$x_{1,4}$	Stock reorden Tripolifosfato Sódico jabón en polvo	Kg	700	1400
	$x_{2,4}$	Stock reorden Empaques jabón en polvo	Kg	2000	4000
	$x_{3,4}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	1	10
	$x_{4,4}$	Tiempo de mezclado olor y color jabón en polvo	Min	20	40
	$x_{5,4}$	Tiempo de empaque jabón en polvo	Min	0.05	0.1

7. Luego de ingresar los parámetros de operación del sistema, se guarda el documento de Excel y sin cerrar Excel, hay que dirigirse al modelo de simulación y le damos clic en **Importar Parámetros de Operación y Correr la Simulación** Por defecto el modelo simula 5000 minutos, pero el usuario final puede modificar este valor en la pestaña **Run Time**



8. La simulación comienza a correr y en la vista **Medidas de Desempeño** se puede ver como las medidas de desempeño cambian en cada instante de tiempo de la simulación.





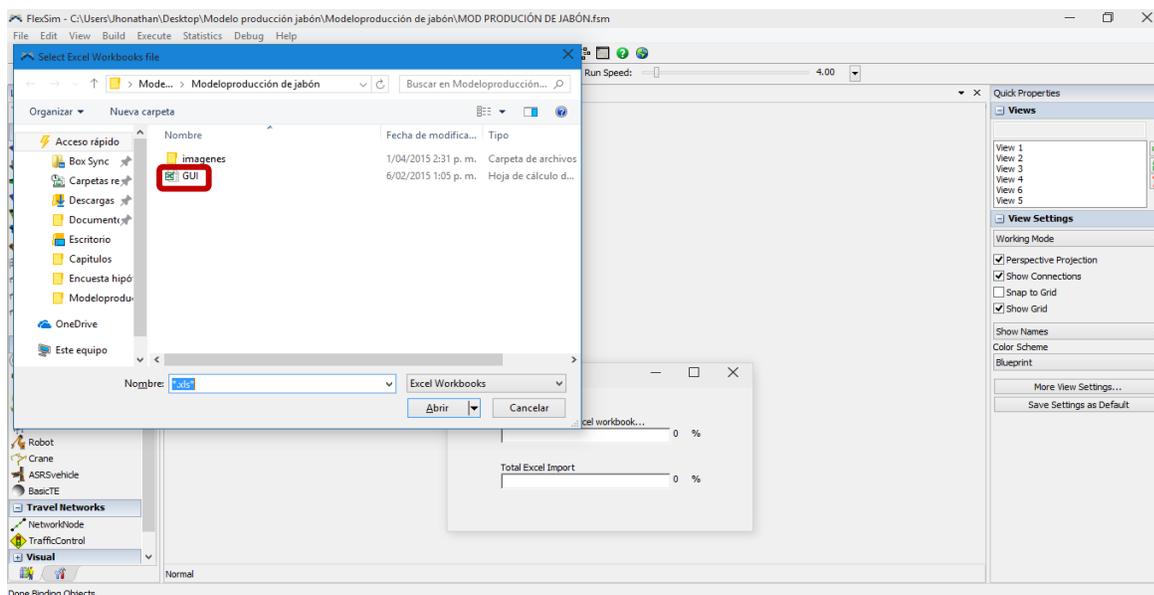
EJERCICIO PROPUESTO

Enunciado del problema	<p>La planta de Jabón Suavidad S.A. está ubicada en la ciudad de Manizales, cuenta con tres líneas de producción (Producción jabón anti grasa, jabón en crema y jabón en polvo). Tiene relación con proveedores de materia prima a lo largo del país. La empresa trabaja en un solo turno de 12 horas de lunes a viernes. Usted es el ingeniero jefe de proceso y está encargado del buen funcionamiento de la planta, la calidad de los productos y la puntualidad de las entregas</p> <p>1. A la planta de jabón para la que usted trabaja como ingeniero de procesos le llega un nuevo pedido de 1500 unidades de jabón anti grasa de 1 kg. Como ingeniero de procesos debe tomar una decisión con respecto al funcionamiento de la planta para así cumplir con este pedido y no perder clientes en el mercado tan competitivo.</p> <p>Se sugiere que manipule las siguientes variables con el fin de cumplir el objetivo de producción</p> <table border="1" data-bbox="435 1178 1386 1430"> <thead> <tr> <th>VARIABLE RESPUESTA</th> <th>VAR.</th> <th>DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE DE DECISIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="5" style="text-align: center;">y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)</td> <td>$x_{1,1}$</td> <td>Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg</td> </tr> <tr> <td>$x_{2,1}$</td> <td>Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg</td> </tr> <tr> <td>$x_{3,1}$</td> <td>Numero de montacargas dentro de la planta</td> </tr> <tr> <td>$x_{4,1}$</td> <td>Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico</td> </tr> <tr> <td>$x_{5,1}$</td> <td>Tiempo de empaque maquina 1kg</td> </tr> </tbody> </table>	VARIABLE RESPUESTA	VAR.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE DE DECISIÓN	y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)	$x_{1,1}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg	$x_{2,1}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg	$x_{3,1}$	Numero de montacargas dentro de la planta	$x_{4,1}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	$x_{5,1}$	Tiempo de empaque maquina 1kg
VARIABLE RESPUESTA	VAR.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE DE DECISIÓN													
y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)	$x_{1,1}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg													
	$x_{2,1}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg													
	$x_{3,1}$	Numero de montacargas dentro de la planta													
	$x_{4,1}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico													
	$x_{5,1}$	Tiempo de empaque maquina 1kg													

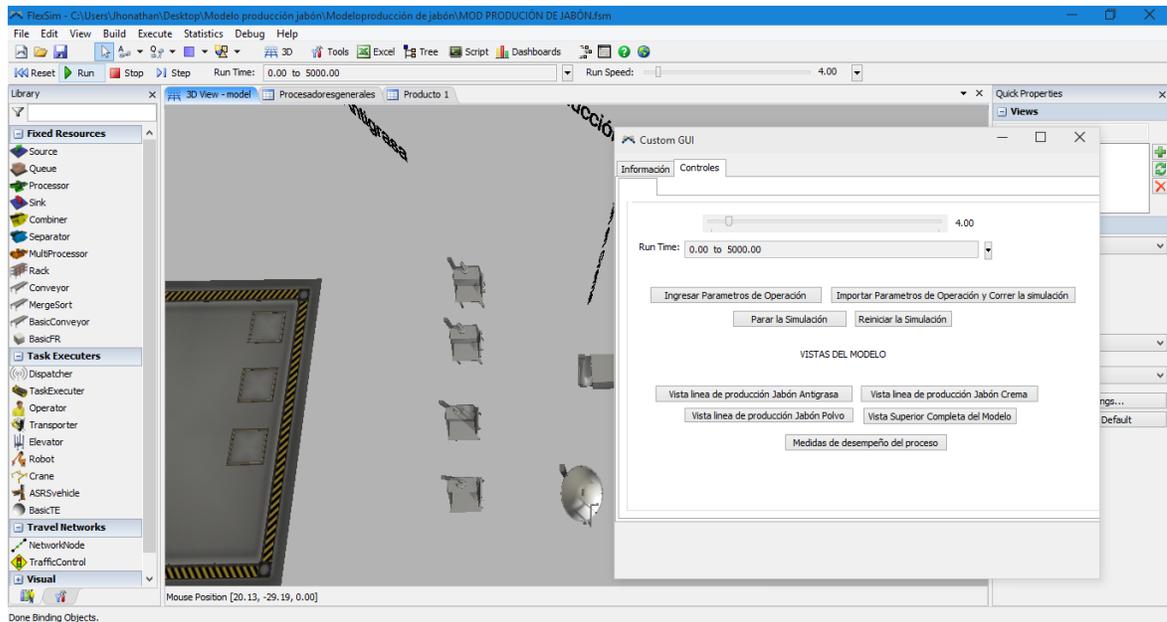
Relación con el conocimiento previo de los discentes	El estudiante debe estar cursando temas relacionados con la Gestión de la Producción y Operaciones, familiarizado con los sistemas de producción, planeación de la producción y control de inventarios.
Elementos desconocidos del problema que demanden más información	El estudiante deberá indagar por: -Tiempos de operación de los diferentes equipos del sistema -Formulación de los diferentes productos -Stock de reorden para el manejo de inventarios
Interés y relevancia para los estudiantes	El interés se da por la posibilidad de experimentar con un sistema virtual que representa a un sistema real a costos cero. La relevancia está en poder trabajar con objetos de estudio propios de la ingeniería química como lo son los sistemas de producción incluyendo el manejo de inventarios y la formulación de los productos.
¿El problema refleja la complejidad de los problemas de la vida real?	La complejidad del proceso de producción de jabón se da por: 4. Comportamiento altamente aleatorio en algunos de los equipos, el tiempo de transporte y el stock disponible. 5. La necesidad de estudiar el proceso en cada instante del tiempo. 6. La interdependencia entre cada parte del proceso desde los proveedores hasta los clientes para el proceso de producción de jabon.

EJEMPLO DE APLICACIÓN

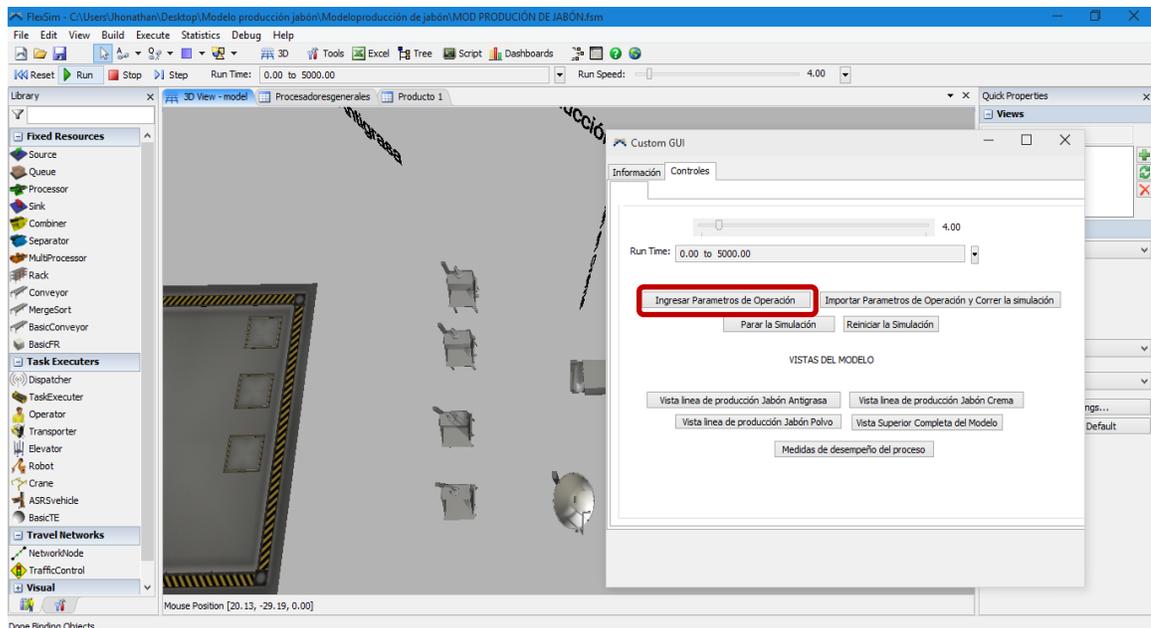
1. abra el archivo **MOD PRODUCCIÓN DE JABÓN.fsm** dando doble clic sobre él.
2. Luego de abierto, el software le solicita que importe los datos de la interfaz gráfica GUI desarrollada en Excel, se encuentra en la misma carpeta que el archivo **MOD PRODUCCIÓN DE JABÓN.fsm**, y tiene como nombre **GUI.xlsx**

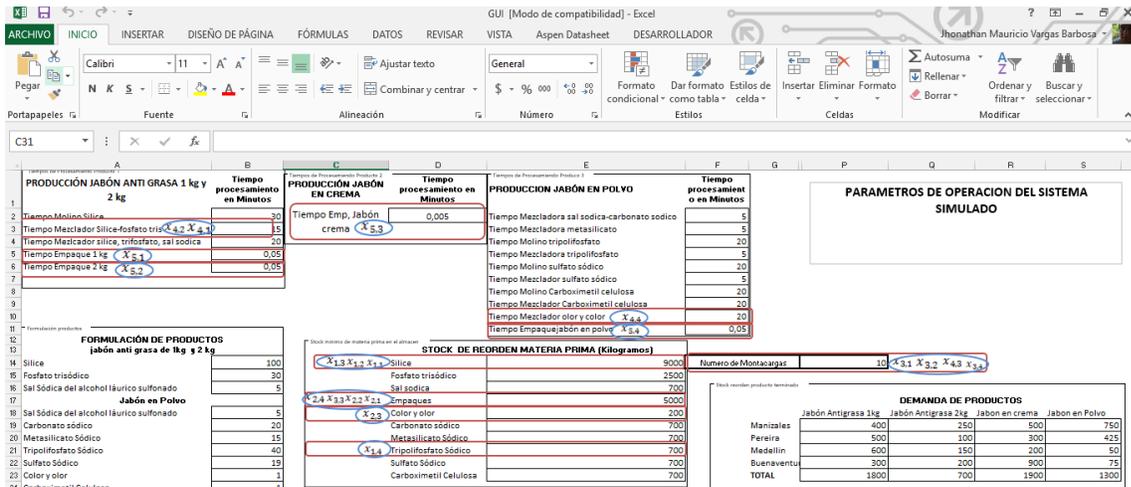


- Automáticamente se abre la pantalla de control principal donde se pueden ingresar los parámetros de operación, correr la simulación, parar la simulación y diferentes vistas del modelo incluyendo la vista en tiempo real de algunas medidas de desempeño del proceso.



- Al darle clic en el botón **Ingresar parámetros de operación** se abre la interfaz gráfica en Excel donde el usuario final puede ingresar los valores de las medidas de desempeño

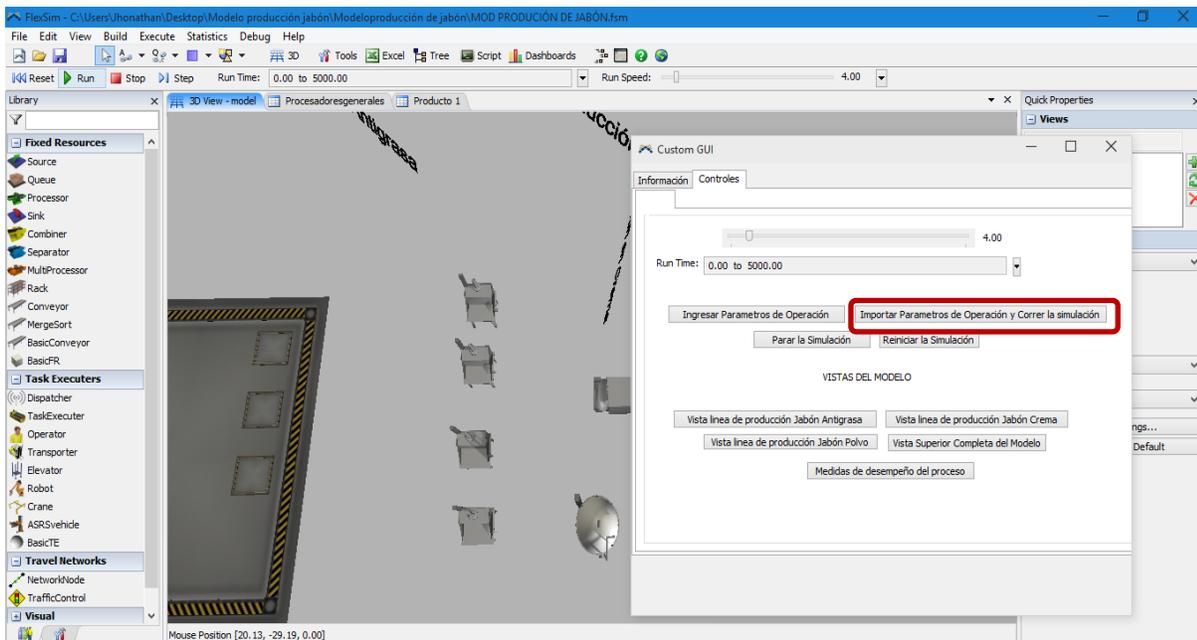




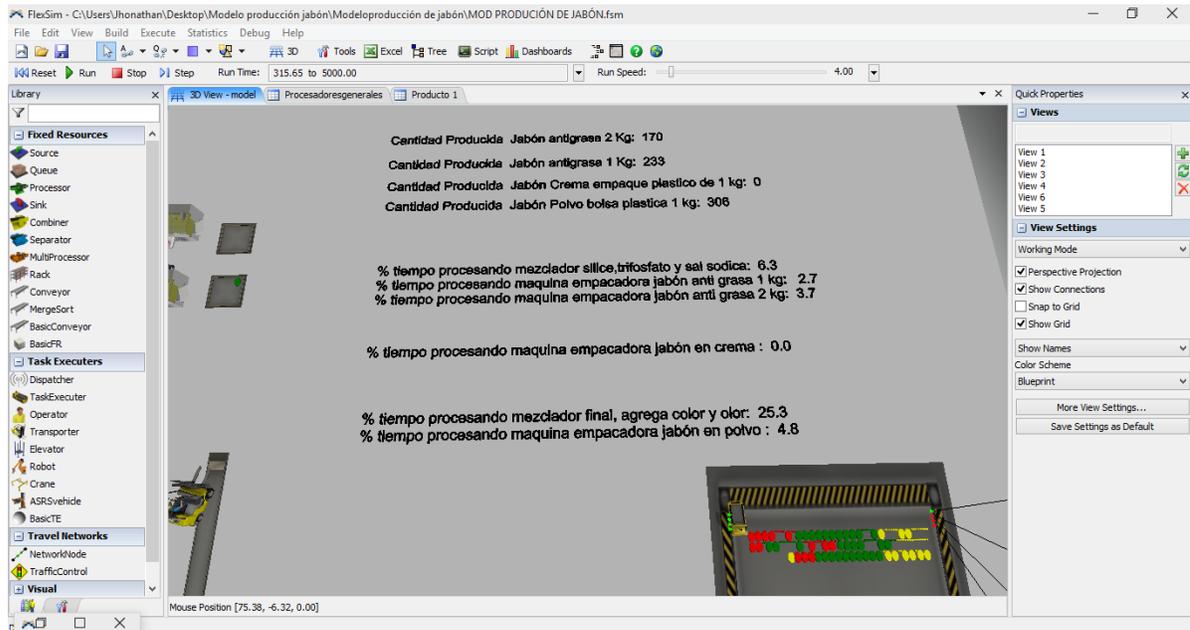
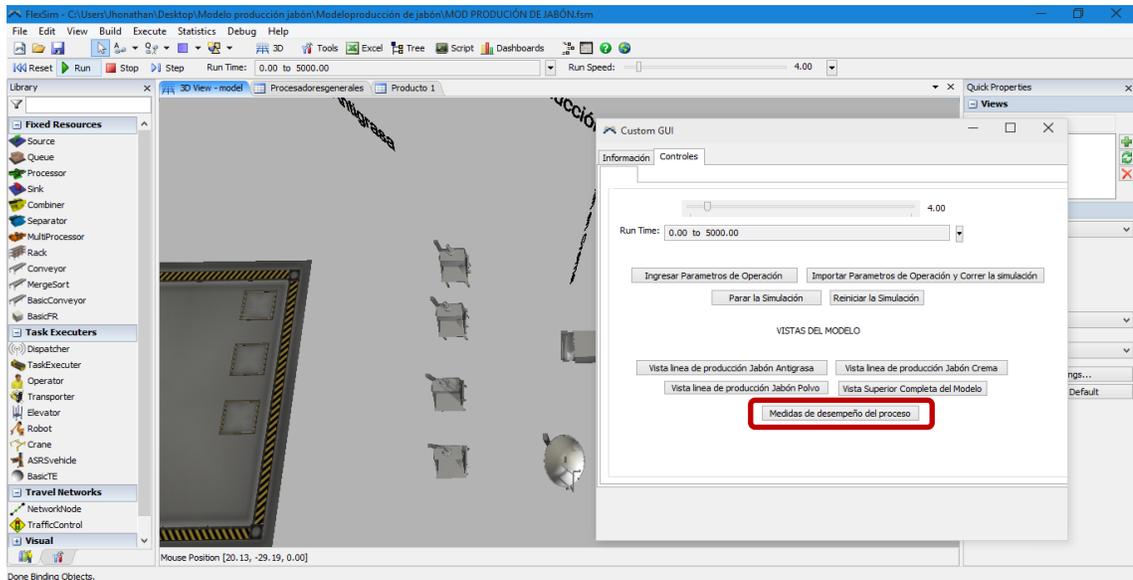
Ejecutaremos el siguiente escenario ingresando los valores en la hoja de Excel

VARIABLE RESPUESTA	VAR.	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE DE DECISIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR.
y_1 (Producción jabón anti grasa 1kg)	$x_{1,1}$	Stock reorden Sílice jabón anti grasa 1 kg	Kg	18000
	$x_{2,1}$	Stock reorden Empaques jabón anti grasa 1 kg	Kg	4000
	$x_{3,1}$	Numero de montacargas dentro de la planta	Unidad	10
	$x_{4,1}$	Tiempo de mezclador sílice-fosfato trisodico	Min	30
	$x_{5,1}$	Tiempo de empaque maquina 1kg	Min	0.05

- Luego de ingresar los parámetros de operación del sistema, se guarda el documento de Excel y sin cerrar Excel, hay que dirigirse al modelo de simulación y le damos clic en **Importar Parámetros de Operación y Correr la Simulación** Por defecto el modelo simula 5000 minutos, pero el usuario final puede modificar este valor en la pestaña **Run Time**



6. La simulación comienza a correr y en la vista **Medidas de Desempeño** se puede ver como las medidas de desempeño cambian en cada instante de tiempo de la simulación.



7. Vemos como al finalizar la simulación, se presenta una producción de 2369 unidades de jabón anti grasa de 1 kg.

Se plantean una serie de posibles escenarios como lo describe la tabla a continuación se generan 5 réplicas para cada escenario. Los resultados completos de cada replica y de cada escenario pueden ser vistos en la página

<https://modelogpoeniq.wordpress.com/herramienta-desarrollada/produccion-de-jabon/resultados-modelo-produccion-de-jabon/>

y_1 (producción jabón anti grasa 1kg)							y_2 (producción jabón anti grasa 2kg)						
Escenarios	$x_{1,1}$	$x_{2,1}$	$x_{3,1}$	$x_{4,1}$	$x_{5,1}$	Prod. Prom.	Escenarios	$x_{1,2}$	$x_{2,2}$	$x_{3,2}$	$x_{4,2}$	$x_{5,2}$	prod. prom.
1	9000	2000	1	15	0,05	1335,6	1	9000	2000	1	15	0,05	566,2
2	18000	2000	1	15	0,05	1335,6	2	18000	2000	1	15	0,05	566,2
3	9000	4000	1	15	0,05	1282,4	3	9000	4000	1	15	0,05	497,2
4	18000	4000	1	15	0,05	1307,2	4	18000	4000	1	15	0,05	497
5	9000	2000	10	15	0,05	633,8	5	9000	2000	10	15	0,05	355
6	18000	2000	10	15	0,05	571,6	6	18000	2000	10	15	0,05	365,6
7	9000	4000	10	15	0,05	935,2	7	9000	4000	10	15	0,05	424,6
8	18000	4000	10	15	0,05	937	8	18000	4000	10	15	0,05	423,6
9	9000	2000	1	30	0,05	1139,8	9	9000	2000	1	30	0,05	589,6
10	18000	2000	1	30	0,05	1487,2	10	18000	2000	1	30	0,05	696,8
11	9000	4000	1	30	0,05	1372,6	11	9000	4000	1	30	0,05	617,2
12	18000	4000	1	30	0,05	1821	12	18000	4000	1	30	0,05	762,2
13	9000	2000	10	30	0,05	894,2	13	9000	2000	10	30	0,05	459
14	18000	2000	10	30	0,05	592,8	14	18000	2000	10	30	0,05	372,2
15	9000	4000	10	30	0,05	1075,2	15	9000	4000	10	30	0,05	502,8
16	18000	4000	10	30	0,05	993,2	16	18000	4000	10	30	0,05	475
17	9000	2000	1	15	0,1	1547,4	17	9000	2000	1	15	0,1	640,4
18	18000	2000	1	15	0,1	1455,6	18	18000	2000	1	15	0,1	621,6
19	9000	4000	1	15	0,1	1594,2	19	9000	4000	1	15	0,1	627,6
20	18000	4000	1	15	0,1	1594,2	20	18000	4000	1	15	0,1	627,6
21	9000	2000	10	15	0,1	1080	21	9000	2000	10	15	0,1	559,4
22	18000	2000	10	15	0,1	1090	22	18000	2000	10	15	0,1	549,4
23	9000	4000	10	15	0,1	1017,8	23	9000	4000	10	15	0,1	574,4
24	18000	4000	10	15	0,1	1269,2	24	18000	4000	10	15	0,1	616,6
25	9000	2000	1	30	0,1	1293,6	25	9000	2000	1	30	0,1	621,6
26	18000	2000	1	30	0,1	654,8	26	18000	2000	1	30	0,1	405,8
27	9000	4000	1	30	0,1	882,2	27	9000	4000	1	30	0,1	520,2
28	18000	4000	1	30	0,1	1423,2	28	18000	4000	1	30	0,1	700,4
29	9000	2000	10	30	0,1	1083,2	29	9000	2000	10	30	0,1	520,6
30	18000	2000	10	30	0,1	898,6	30	18000	2000	10	30	0,1	471,2
31	9000	4000	10	30	0,1	976	31	9000	4000	10	30	0,1	598
32	18000	4000	10	30	0,1	1135	32	18000	4000	10	30	0,1	666,2

CÓDIGO DEL MODELO

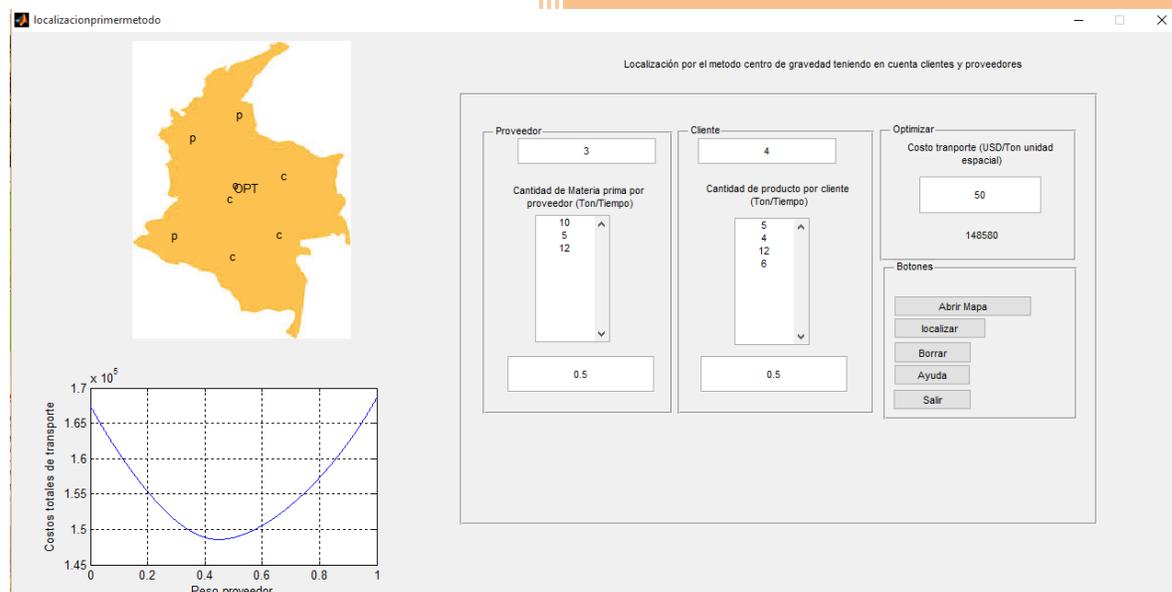
model	Object
Tools	
release	7.3
ModelUnits	
FlowItemBin	Object
TrackedVariables	
savedstoptime	5000.00
VisioImport	
precision	2.00
Layouts	1.00
Experimenter	
ExcelAuto	Object
SingleTableImport	
GlobalTables	
TimeTables	
OnModelOpen	excelmultitableimport();
OnRunStart	
OnModelReset	
UserEvents	
Breakpoints	1.00
Statistics	
Charting	
OnRunStop	
GUIs	
PerspViews	
Dashboards	
DefaultGUIs	
Toolbox	
OptQuest	
flypath	0.00

	DefaultNetworkNa...	Object
	Silice_in	Object
	Trifosfato_in	Object
	Sal_sodica_in	Object
	Empaques_in	Object
	Silice	Object
	Trifosfato	Object
	Sal_Sodica	Object
	Empaques	Object
	Almacen_Materia...	Object
	Mezclador_silice_t...	Object
	Cola_Mezclador_1	Object
	Cola_Mezclador_2	Object
	Mezclador_silice_t...	Object
	_	Object
	Empaque2kg	Object
	Empaque1kg	Object
	CE	Object
	producto_Terminado	Object
	Manizales	Object
	Pereira	Object
	Bogota	Object
	Buenaventura	Object
	Manizales_Out	Object
	Pereira_Out	Object
	Bogota_Out	Object
	Buenaventura_Out	Object
	Transp_mp_1	Object
	DefaultNavigator	Object
	Transp_mp_2	Object
	Transp_mp_3	Object
	T1	Object
	Jabón_Antigrasa_...	Object
	producto1_1kg	Object
	Transportador_2_...	Object
	almacenamiento_...	Object
	Operario_empaque	Object
	Operariomezcla...	Object
	banda_empaque_...	Object
	banda_empaque_...	Object
	Molino	Object
	Distribuidor_produ...	Object
	Color_y_Olor	Object
	Agua	Object
	TheTicker	Object

	Fosfato_trisodico...	Object
	mezcla_fluidos_1	Object
	sal_sodica_a_liquido	Object
	Silice_a_liquido	Object
	color_y_olor_a_liq...	Object
	Empaque	Object
	Producto2_empac...	Object
	empaque_jabon_c...	Object
	color_y_olor_in	Object
	trifosfatoC	Object
	Sal_SodicaC	Object
	Olor_y_color	Object
	Carbonato_sodico	Object
	Carbonato_sodico...	Object
	Metasilicato_sodico	Object
	metasilicato_sodic...	Object
	tripolifosfato_sodico	Object
	Tripolifosfato_sodi...	Object
	carboximetil_celul...	Object
	carboximetil_celul...	Object
	mezclador_salsodi...	Object
	mezclador_metasil...	Object
	mezcladortripolifo...	Object
	mezclador_sulfato...	Object
	mezclador_carbox...	Object
	mezclador_color_...	Object
	molino_tripolifosfato	Object
	Molino_sulfato_so...	Object
	Molino_carboxime...	Object
	sulfato_sodico	Object
	sulfato_sodico_in	Object
	Empaqueprod3	Object
	emp_prod_3	Object
	producto3_empac...	Object
	superclasses	
	classes	
	variables	
	behaviour	
	special	
	visual	
	spatial	
	stats	
	objectinfo	
	displaygroup	standard

2015

MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO MODELO DE ENTRENAMIENTO EN TOMA DE DECISIONES RELACIONADAS LA UBICACIÓN DE PLANTAS DE PRODUCCIÓN



Jhonathan Vargas Barbosa

Estudiante

Jaime Alberto Giraldo García

Docente

JUSTIFICACIÓN.

El modelo de decisión desarrollado permite a los estudiantes de ingeniería química entrenarse para la toma de decisiones en temas relacionados con la GPO. En esta herramienta se abordan temas relacionados con la ubicación de plantas en un territorio específico utilizando una modificación del método de centro de gravedad.

El software permite a los usuarios interactuar con las ubicaciones de los clientes, proveedores, las cantidades de materia a transportar y los costos de transporte, para encontrar la mejor localización de un sistema productivo.

El software fue desarrollado en Matlab, cuenta con una interfaz gráfica amigable la cual permite cargar entre muchos datos, una imagen que represente un mapa para contextualizar los posibles resultados arrojados por el software.

Fig. 1. Interfaz gráfica de usuario

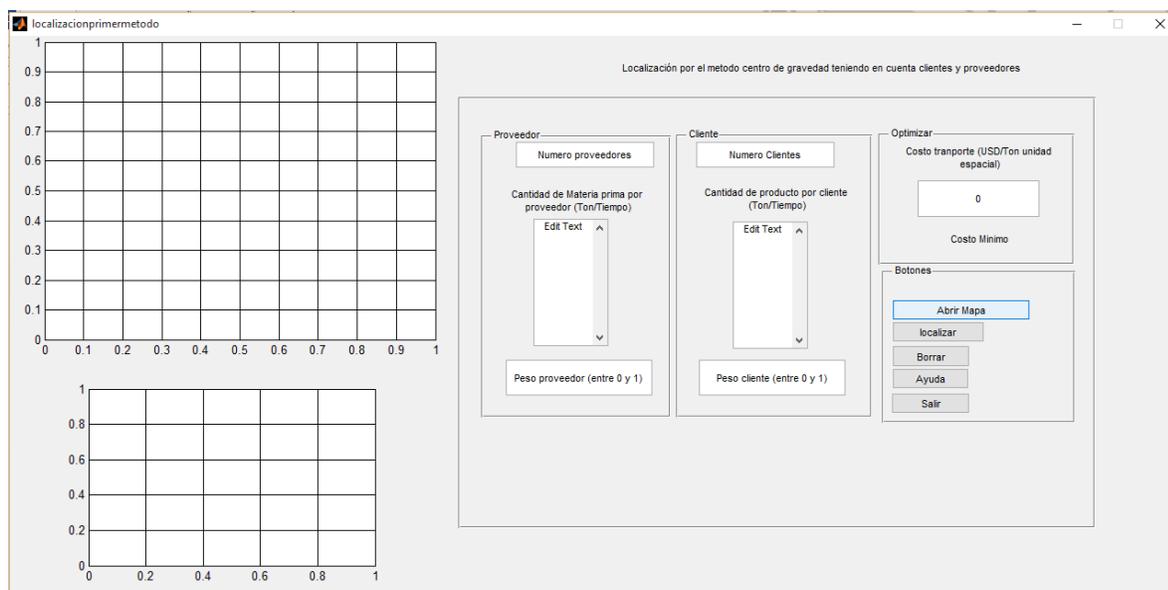


Tabla 1. Variables involucradas en la ejecución del software.

Variable	Unidad de medida
Número de proveedores	Sin unidad de medida
Número de clientes	Sin unidad de medida
Cantidad de materia prima por proveedor	Toneladas
Cantidad de productos por clientes	Toneladas
Peso proveedores	Sin unidad de medida (valores entre 0 y 1)
Peso clientes	Sin unidad de medida (valores entre 0 y 1)
Costo de transporte	Dólar/Tonelada por unidad de distancia

Esta herramienta es producto de la tesis de maestría en ingeniería industrial titulada “MODELO DE SOPORTE AL PROCESO ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES BASADO EN TICS. APLICACIÓN AL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA” de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. El software se encuentra en proceso de registro ante el ministerio del interior.

REQUISITOS QUE HA DE SATISFACER EL SISTEMA.

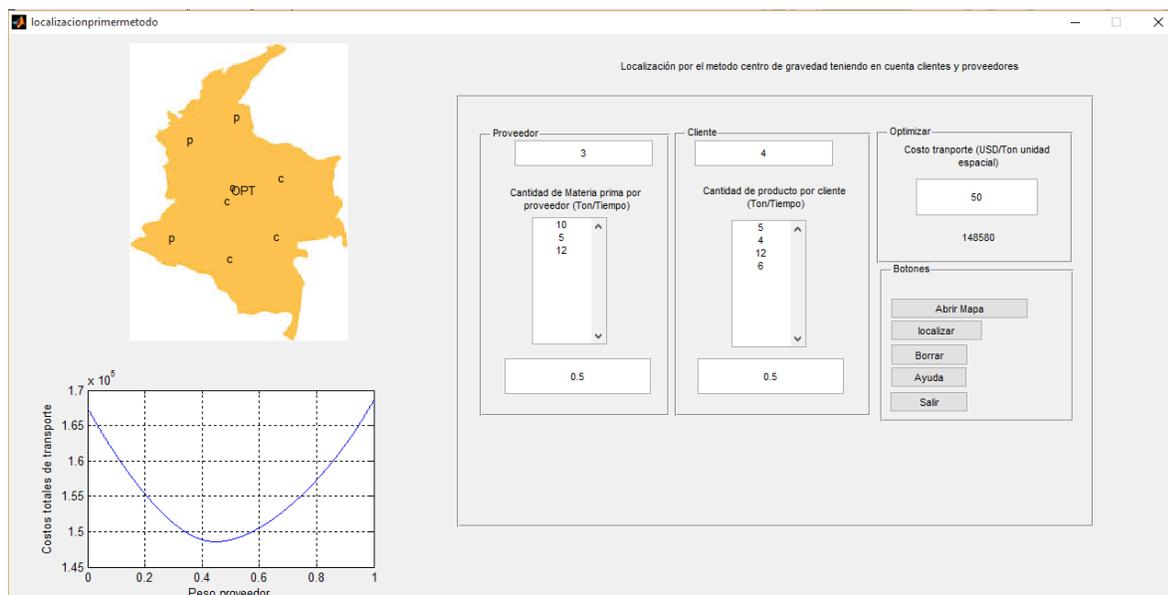
REQUISITOS FUNCIONALES.

La herramienta desarrollada tiene como función facilitar la ubicación de plantas por el método de centro de gravedad. Adicionalmente tiene la opción de ver en un mapa la ubicación de los clientes, proveedores y la sugerencia del software de la posible ubicación.

REQUISITOS DE INTERFAZ CON EL USUARIO.

La interfaz gráfica de usuario es una interfaz limpia, donde los usuarios finales no tendrán mayores inconvenientes para la ejecución del software. Esta interfaz de usuario fue desarrollada junto con el software en Matlab, la cual es una herramienta que facilita la creación de archivos ejecutables para computadores basados en Windows.

Figura 2. Interfaz gráfica de usuario desarrollada con un ejemplo planteado.

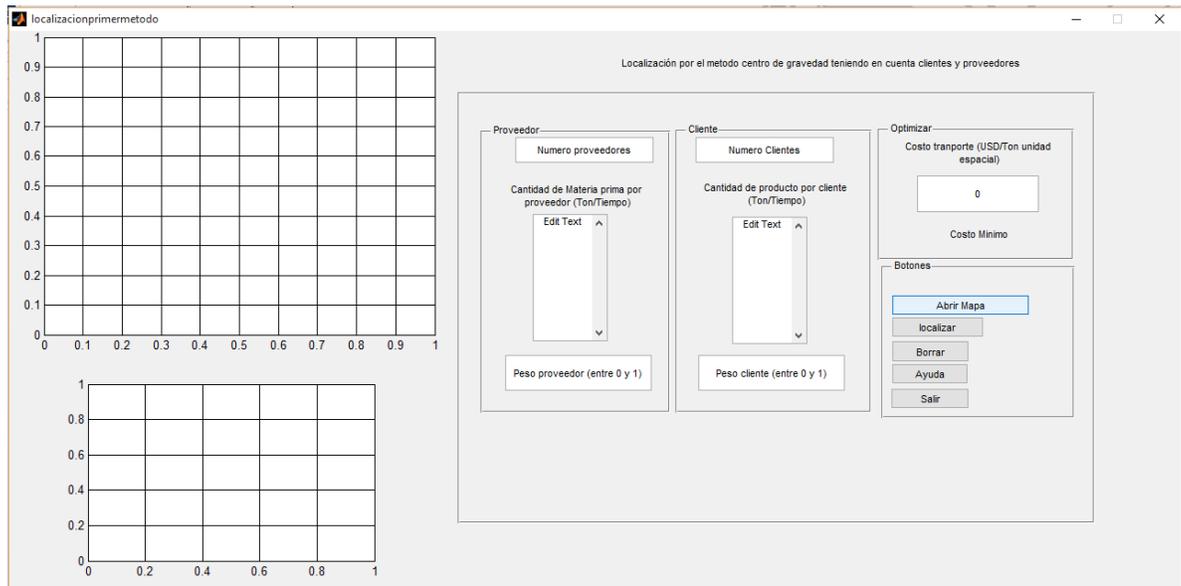


REQUISITOS TÉCNICOS.

Para la ejecución de la herramienta solo se necesita un equipo de cómputo con buenas características tanto de software como de hardware, que corra bajo el sistema operativo Windows. Preferiblemente con una versión actualizada de MatLab, lo cual no es necesario del todo para la ejecución del software.

El software cuenta con una interfaz gráfica limpia, amigable con el usuario, la cual facilita la introducción de los valores para el cálculo.

1. Ejecutar el Archivo UBICACIONDEPLANTAS.exe.
2. Al ejecutar el archivo se abre la siguiente ventana.



3. El software solicita unos valores de entrada específicos, los cuales deben ser diligenciados para poder localizar la planta.

Proveedor

Numero proveedores

Cantidad de Materia prima por proveedor (Ton/Tiempo)

Edit Text

Peso proveedor (entre 0 y 1)

Cliente

Numero Clientes

Cantidad de producto por cliente (Ton/Tiempo)

Edit Text

Peso cliente (entre 0 y 1)

Optimizar

Costo transporte (USD/Ton unidad espacial)

0

Costo Minimo

Botones

Abrir Mapa

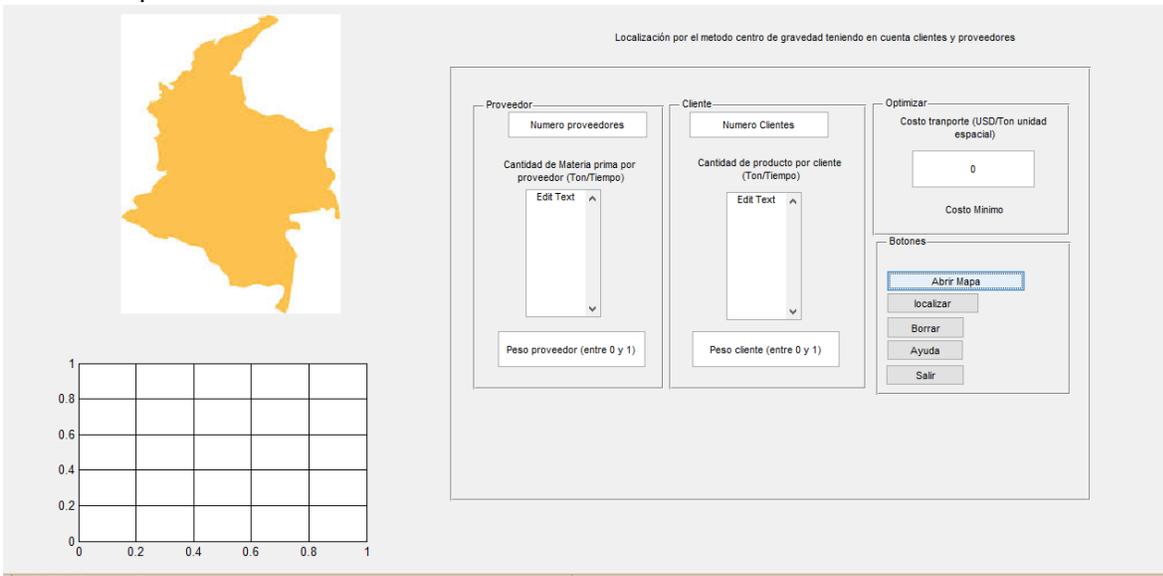
localizar

Borrar

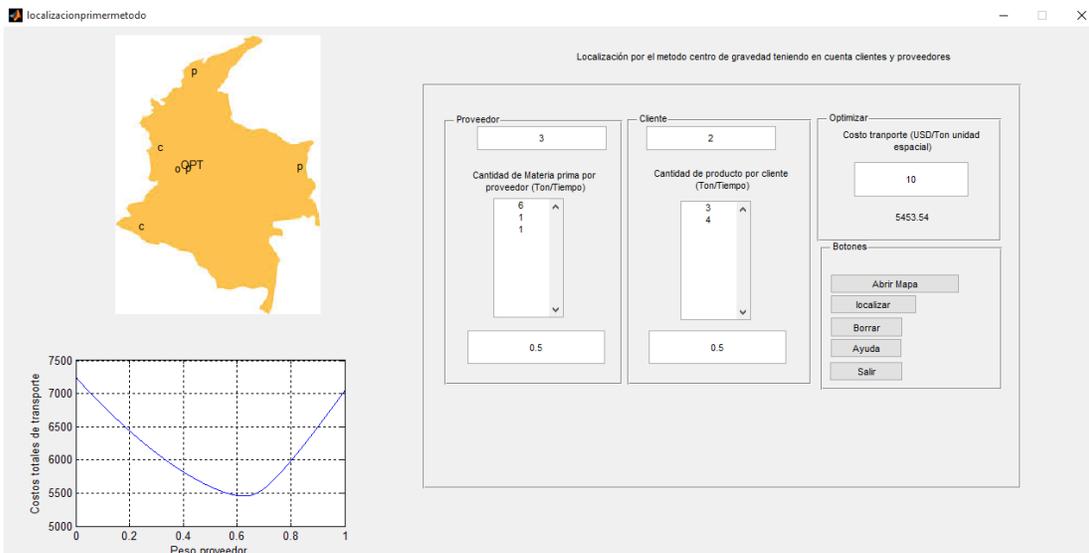
Ayuda

Salir

4. Al darle clic en “Abrir Mapa” se tiene la posibilidad de cargar una imagen de un mapa de la zona de interés.



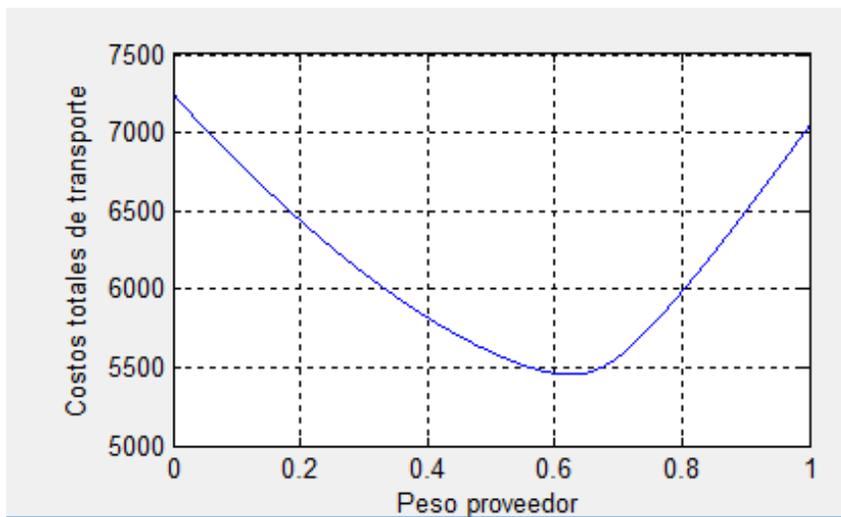
5. Luego de diligenciado el formulario de entrada y haber cargado el mapa, se puede dar clic en el botón “Localizar”. Se comienzan ubicando en el mapa los Proveedores y luego los clientes.



6. Los Proveedores se representan con una letra "P" en el mapa, lo Clientes con una letra "C" , la ubicación usando el centro de gravedad y con los pesos o importancia dada para los clientes y proveedores se representa con una "O" mientras que la mejor ubicación minimizando costos se representa con "OPT"



7. El software también genera una gráfica de costos totales de transporte para cada posibilidad.



Se puede ver que la mejor ubicación se encuentra en las proximidades a la ciudad de Manizales. Con respecto a los pesos de los proveedores o de los clientes, se les debe dar mayor importancia a los proveedores, alrededor del 60% de importancia a los proveedores.

CÓDIGO DEL MODELO

```
function varargout = localizacionprimermetodo(varargin)
% LOCALIZACIONPRIMERMETODO MATLAB code for localizacionprimermetodo.fig
%   LOCALIZACIONPRIMERMETODO, by itself, creates a new
LOCALIZACIONPRIMERMETODO or raises the existing
%   singleton*.
%
%   H = LOCALIZACIONPRIMERMETODO returns the handle to a new
LOCALIZACIONPRIMERMETODO or the handle to
%   the existing singleton*.
%
%
LOCALIZACIONPRIMERMETODO('CALLBACK', hObject, eventData, handles,...) calls
the local
%   function named CALLBACK in LOCALIZACIONPRIMERMETODO.M with the
given input arguments.
%
%   LOCALIZACIONPRIMERMETODO('Property','Value',...) creates a new
LOCALIZACIONPRIMERMETODO or raises the
%   existing singleton*. Starting from the left, property value
pairs are
%   applied to the GUI before localizacionprimermetodo_OpeningFcn
gets called. An
%   unrecognized property name or invalid value makes property
application
%   stop. All inputs are passed to
localizacionprimermetodo_OpeningFcn via varargin.
%
%   *See GUI Options on GUIDE's Tools menu. Choose "GUI allows only
one
%   instance to run (singleton)".
%
% See also: GUIDE, GUIDATA, GUIHANDLES

% Edit the above text to modify the response to help
localizacionprimermetodo

% Last Modified by GUIDE v2.5 25-May-2014 17:13:05

% Begin initialization code - DO NOT EDIT
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',  gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @localizacionprimermetodo_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @localizacionprimermetodo_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
```

```

end

if nargin
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end
% End initialization code - DO NOT EDIT

% --- Executes just before localizacionprimermetodo is made visible.
function edit1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
N=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
N1 = str2double(N); %Transformar a formato double
handles.edit1=N1; %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);

function localizacionprimermetodo_OpeningFcn(hObject, eventdata,
handles, varargin)
% This function has no output args, see OutputFcn.
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
% varargin   command line arguments to localizacionprimermetodo (see
VARARGIN)

% Choose default command line output for localizacionprimermetodo
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);

% UIWAIT makes localizacionprimermetodo wait for user response (see
UIRESUME)
% uiwait(handles.figure1);

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = localizacionprimermetodo_OutputFcn(hObject,
eventdata, handles)
% varargout  cell array for returning output args (see VARARGOUT);
% hObject    handle to figure
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

```

```
% Get default command line output from handles structure
varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

[FileName Path]=uigetfile('*.jpg','Abrir Imagen');
axes(handles.axes2)
if isequal(FileName,0)
    return
else
    a=imread(strcat(Path,FileName));
    imshow(a);
    grid on
end
handles.direccion=strcat(Path,FileName);
guidata(hObject,handles)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit1 as text
%        str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit1 as
a double

% --- Executes on button press in pushbutton2.
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
A=handles.edit1;
B=handles.edit3;
C=handles.edit4;
D=handles.edit5;
E=handles.edit6 ; %peso proveedor
F=handles.edit7  ; %peso cliente
G=handles.edit8  ;%costo transporte
if E+F == 1
    else
        warndlg('pesos deben sumar 1','Ubicación');
end
if length(B) == A
    a=ginput(A);
    i=1:A;
    text(a(i,1),a(i,2),'p');
    px=sum(a(:,1).*B)/sum(B);
    py=sum(a(:,2).*B)/sum(B);
else
```

```

    warndlg('Numero de proveedores debe ser igual a cantidad disponible
de materia prima', 'Ubicación');

end
if length(C) == D
    l=ginput(D);
    j=1:D;
    text(l(j,1),l(j,2),'c');
    cx=sum(l(:,1).*C)/sum(C);
    cy=sum(l(:,2).*C)/sum(C);
else
    warndlg('Numero de clientes debe ser igual a cantidad productos
requeridos', 'Ubicación');
end
fx=E*px+F*cx;
fy=E*py+F*cy;
text(fx,fy,'o');
nuevospesos=0:0.0001:1;
    for k=1:length(nuevospesos)

        posicion(k,1)=nuevospesos(k)*px+(1-nuevospesos(k))*cx;

        posicion(k,2)=nuevospesos(k)*py+(1-nuevospesos(k))*cy;
    end
%%%medir distancias proveedor

for s=1:length(a(:,1))
    for s1=1:length(posicion(:,1))
        dist(s1,1)=abs(posicion(s1,1)-a(s,1))*B(s);
        dist(s1,2)=abs(posicion(s1,2)-a(s,2))*B(s);
        costo(s,s1)=((dist(s1,1))^2+(dist(s1,2))^2)^0.5*G;
    end
end

costopunto=sum(costo(:,,:));

%%% medir distancia cliente

for s3=1:length(l(:,1))
    for s12=1:length(posicion(:,1))
        dist(s12,1)=abs(posicion(s12,1)-l(s3,1))*C(s3);
        dist(s12,2)=abs(posicion(s12,2)-l(s3,2))*C(s3);
        costo22(s3,s12)=((dist(s12,1))^2+(dist(s12,2))^2)^0.5*G;
    end

end
costopunto1=sum(costo22(:,,:));
ctotal=costopunto+costopunto1;
puntosw=[nuevospesos;ctotal];
minimocosto=min(puntosw(2,:));
posiciondistanciaoptima=find(puntosw(2,)==minimocosto);
valoroptimopeso=puntosw(1,posiciondistanciaoptima);

```

```
tx=valoroptimopeso*px+(1-valoroptimopeso)*cx;
ty=valoroptimopeso*py+(1-valoroptimopeso)*cy;
if G ~= 0
text(tx,ty, 'OPT');

axes(handles.axes3);
plot(nuevospesos,ctotal);
grid on;
xlabel('Peso proveedor')
ylabel('Costos totales de transporte')

end

set(handles.text6, 'String', minimocosto);

guidata(hObject,handles);

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to pushbutton3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
axes(handles.axes3);
cla
grid on
axes(handles.axes2);
cla
xg=0:1;
yg=0*xg;
plot(xg,yg, 'k');
xlim([0 1]);
ylim([0 1]);
grid on

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit1_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit1 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
```

```

if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit3_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit3 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit3 as
a double
costo=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
costo1 = str2double(costo); %Transformar a formato double
handles.edit3=costo1; %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit3_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function axes2_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to axes2 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called
grid on

% Hint: place code in OpeningFcn to populate axes2

% --- Executes on key press with focus on edit3 and none of its
controls.
function edit3_KeyPressFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit3 (see GCBO)
% eventdata  structure with the following fields (see UICONTROL)
% Key: name of the key that was pressed, in lower case
% Character: character interpretation of the key(s) that was pressed
% Modifier: name(s) of the modifier key(s) (i.e., control, shift)
pressed

```

```
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% --- Executes on button press in pushbutton5.
function pushbutton5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
close all

% --- Executes on button press in pushbutton6.
function pushbutton6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to pushbutton6 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
warndlg('Este modelo permite una fácil identificación de los costos
difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de
instalaciones.  pasos
1 puede abrir un mapa para seleccionar la ubicación de proveedores
2 ingrese numero de proveedores
3 ingrese la cantidad de materia prima por proveedor (por cada valor
oprima enter)
4 oprima localizár y seleccione la ubicación de los
proveedores', 'Ubicación');

function edit4_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit4 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit4 as
a double
cliente=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
clientel = str2double(cliente); %Transformar a formato double
handles.edit4=clientel; %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit4_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit4 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
```

```
        set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit5_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of edit5 as text
%          str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of edit5 as
a double

W=get(hObject, 'String'); %Almacenar valor ingresado
W1 = str2double(W); %Transformar a formato double
handles.edit5=W1; %Almacenar en identificador
guidata(hObject, handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit5_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit5 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%          See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject, 'BackgroundColor'),
get(0, 'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject, 'BackgroundColor', 'white');
end

function edit7_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject, 'String') returns contents of edit7 as text
%          str2double(get(hObject, 'String')) returns contents of edit7 as
a double
Wc=get(hObject, 'String'); %Almacenar valor ingresado
Wc1 = str2double(Wc); %Transformar a formato double
handles.edit7=Wc1; %Almacenar en identificador
guidata(hObject, handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit7_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to edit7 (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of MATLAB
```

```
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit6_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit6 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit6 as
a double
Wp=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
Wp1 = str2double(Wp); %Transformar a formato double
handles.edit6=Wp1; %Almacenar en identificador
guidata(hObject,handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit6_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit6 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%         See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUiControlBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit8_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)

% Hints: get(hObject,'String') returns contents of edit8 as text
%         str2double(get(hObject,'String')) returns contents of edit8 as
a double

costotrans=get(hObject,'String'); %Almacenar valor ingresado
costotrans1 = str2double(costotrans); %Transformar a formato double
handles.edit8=costotrans1; %Almacenar en identificador
```

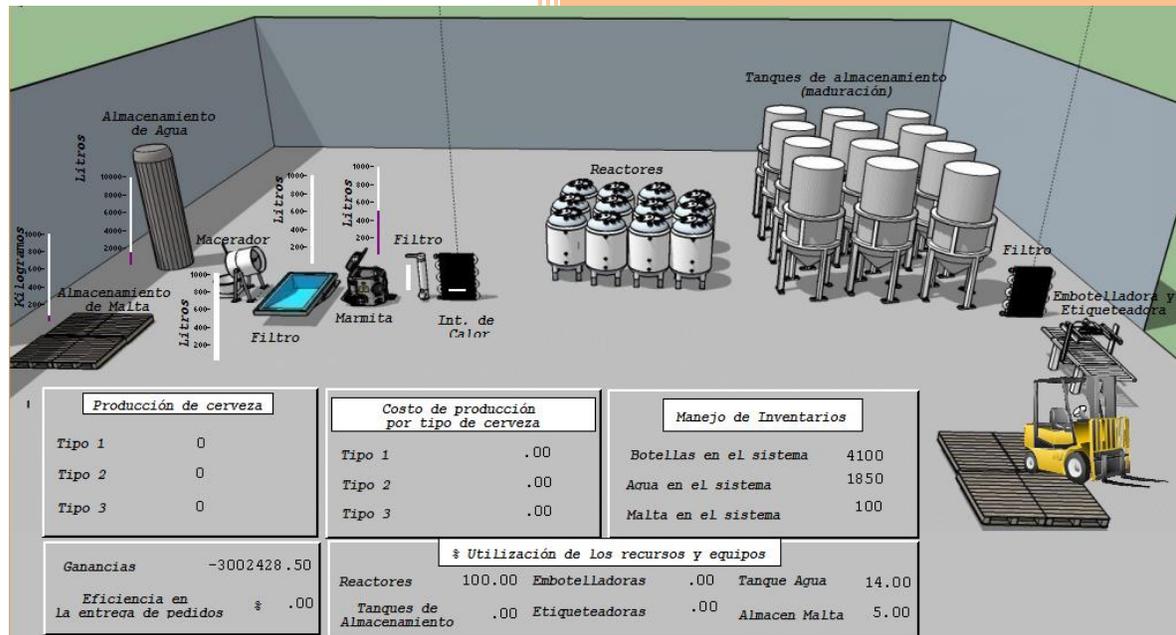
```
guidata(hObject,handles);

% --- Executes during object creation, after setting all properties.
function edit8_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to edit8 (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    empty - handles not created until after all CreateFcns
called

% Hint: edit controls usually have a white background on Windows.
%       See ISPC and COMPUTER.
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```


2015

MANUAL TÉCNICO Y DE USUARIO MODELO DE ENTRENAMIENTO EN TOMA DE DECISIONES RELACIONADAS CON GESTIÓN DE PRODUCCIÓN Y OPERACIONES DE UN SISTEMA DE FABRICACIÓN DE CERVEZA



Jhonathan Vargas Barbosa

Estudiante

Jaime Alberto Giraldo García

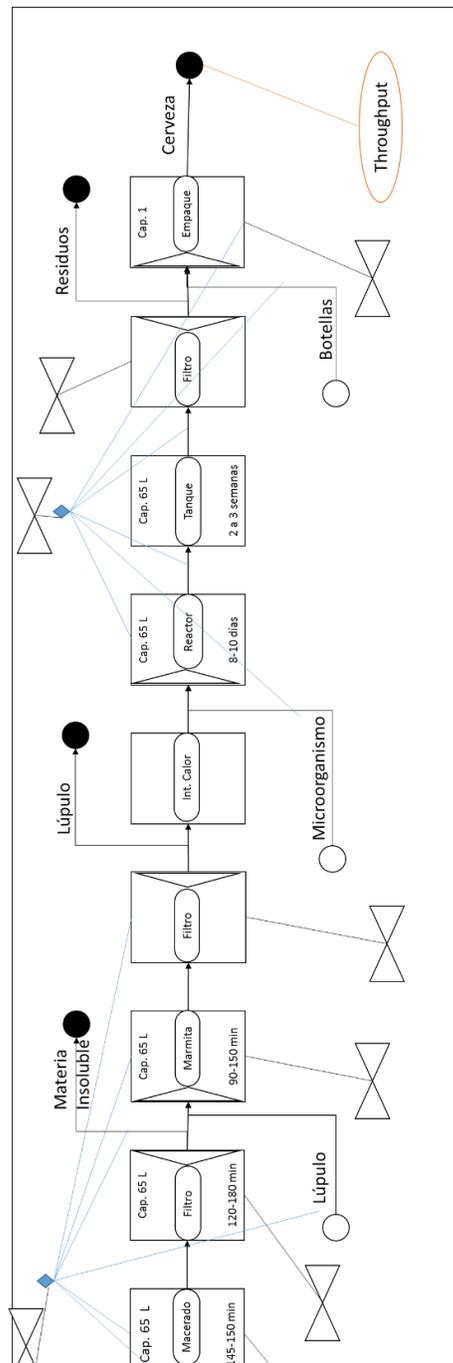
Docente

JUSTIFICACIÓN.

El modelo de decisión desarrollado permite a los estudiantes de ingeniería química entrenarse para la toma de decisiones en temas relacionados con la GPO dado que la simulación permite experimentar con una abstracción de un proceso real sin afectarlo ni correr con los riesgos y costos que esto conlleva.

El modelo representa un sistema de producción de cerveza. El usuario final tiene la posibilidad de manipular muchos aspectos del proceso de producción; variables relacionadas con el manejo de inventarios, control y planeación de la producción, tiempos de operación de algunos equipos, capacidades y costos de producción. Adicionalmente se puede ver el cambio de las diferentes medidas de desempeño en tiempo real; entre algunas medidas de desempeño que se pueden visualizar en el modelo se tienen: costos de producción, producción total, precio de venta mínimo de los productos, utilización de los equipos. Para el entendimiento del proceso, en la Figura 1 se muestra un diagrama del proceso incluidos los actores como operarios que intervienen en el modelo de simulación.

Fig. 1. Diagrama del proceso de producción de cerveza.



En el modelo de simulación se abordan los siguientes temas:

- Sistema de producción
- Costos de producción
- Control de inventarios
- Planeación y control de la producción

Esta herramienta es producto de la tesis de maestría en ingeniería industrial titulada “MODELO DE SOPORTE AL PROCESO ENSEÑANZA/APRENDIZAJE DE LA GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES BASADO EN TICS. APLICACIÓN AL PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA” de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. El software esta en proceso de registro ante el ministerio del interior.

REQUISITOS QUE HA DE SATISFACER EL SISTEMA.

REQUISITOS FUNCIONALES.

El modelo simulado representa un sistema simplificado de producción de cerveza incluyendo actores de la cadena logística como los proveedores. Esta herramienta fue diseñada con fines didácticos y su objetivo primordial es que los estudiantes se familiaricen con diferentes conceptos y temáticas abordadas por la GPO tales como:

- Sistema de producción
- Costos de producción
- Control de inventarios
- Planeación y control de la producción

El interés se da por la posibilidad de experimentar con un sistema virtual que representa a un sistema real a costos cero.

La relevancia está en poder trabajar con objetos de estudio propios de la ingeniería química como lo son los sistemas de producción.

REQUISITOS DE INTERFAZ CON EL USUARIO.

Hace referencia a la interacción hombre máquina, en la figura 2, en la figura 3 y en la figura 4 se muestran las interfaces de usuario desarrolladas en el software Microsoft Excel y promodel. En estas interfaces graficas los usuarios finales pueden modificar algunas variables de decisión y ver como las decisiones tomadas afectan en tiempo real los procesos.

Fig. 2. Interfaz gráfica de usuario desarrollada en el software Microsoft Excel.



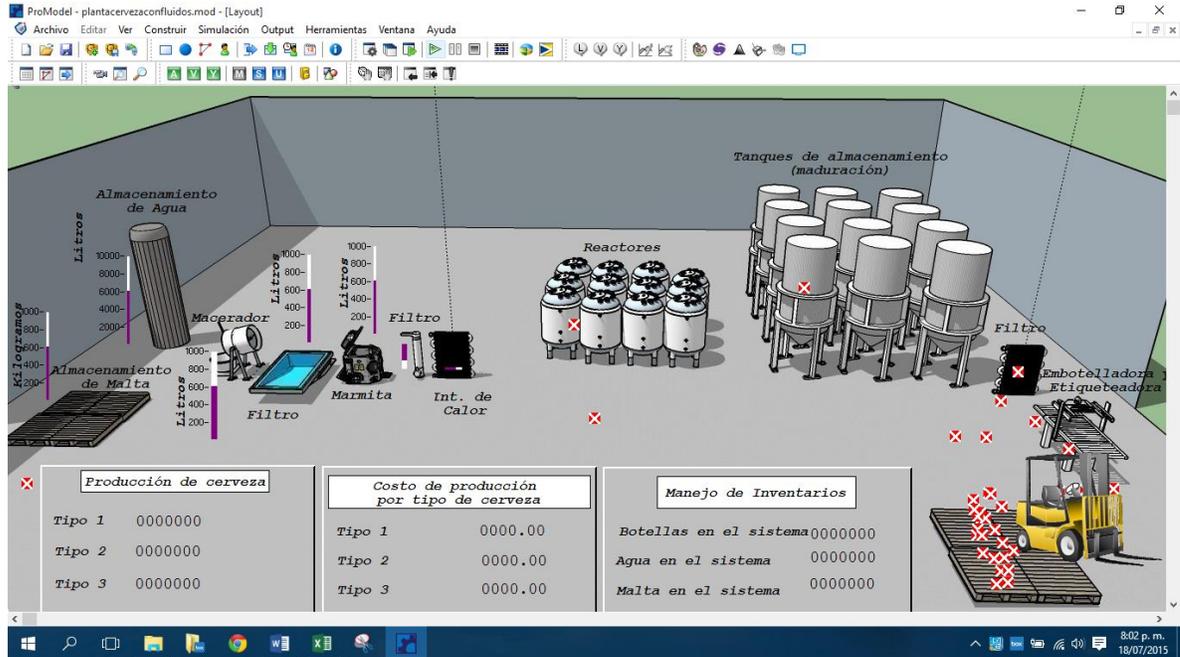
Fig. 3. Interfaz gráfica de usuario desarrollada en el software Microsoft Excel.

VARIABLE DE DECISIÓN	VALOR
Tamaño de lote (litros)	500
Cantidad de lotes tipo 1	10
Cantidad de lotes tipo 2	3
Cantidad de lotes tipo 3	10
Numero de reactores	15
Numero de tanques de almacenamiento	30
Numero de empacadoras	1
Numero de operarios para el empaque	1
Tiempo de entrega de pedidos en días	365
Orden para realizar los productos	3
Cantidad de malta a solicitar	500
Cantidad de agua a solicitar	5000
Cada cuanto se solicita la materia prima (en minutos)	5760
Tamaño de cerveza en ml	833,3333333
Numero de cervezas por lote	600
Numero de montacargas transporte producto terminado	1
Numero etiquetadoras	1
Tiempo fermentación cervezatiipo1 (en días)	8
Tiempo fermentación cervezatiipo2 (en días)	15
Tiempo fermentación cervezatiipo3 (en días)	20
Tiempo maduración cervezatiipo1 (en días)	15
Tiempo maduración cervezatiipo2 (en días)	20
Tiempo maduración cervezatiipo3 (en días)	25
Cantidad de botellas a solicitar	4100
Numero de pedidos	11
Momento del primer pedido de botellas	10 day
Frecuencia entre pedidos de botellas	1 day

No. ORDEN	ORDEN DE FERMENTACIÓN TIPO CERVEZA
1	1 2 3
2	1 3 2
3	2 3 1
4	3 2 1
5	2 1 3
6	3 1 2

VARIABLES DE DECISIÓN	VALOR
Costo Agua (litros)	\$ 1,50
Costo Malta (Kg)	\$ 3.500,00
Costo botella (unidad)	\$ 500,00
Valor hora empleado	\$ 2.700,00
Costo almacenamiento botellas	\$ 2,00
Costo uso montacarga	\$ 800,00
Costo montacargas adicional	\$ 20.000.000,00
Precio venta cervezatiipo1	\$ 5.000,00
Precio venta cervezatiipo2	\$ 8.000,00
Precio venta cervezatiipo3	\$ 10.000,00

Fig. 4. Interfaz gráfica de usuario desarrollada en el software Promodel.



Producción de cerveza		Costo de producción por tipo de cerveza		Manejo de Inventarios	
Tipo 1	6000	Tipo 1	5975.59	Botellas en el sistema	36600
Tipo 2	1800	Tipo 2	13724.80	Agua en el sistema	1400
Tipo 3	600	Tipo 3	5548.76	Malta en el sistema	50

% Utilización de los recursos y equipos					
Ganancias	-11209578.00	Reactores	93,33	Embotelladoras	.03
Eficiencia en la entrega de pedidos	87.12	Tanques de Almacenamiento	100.00	Etiquetadoras	.00
				Tanque Agua	9.50
				Almacen Malta	.00

REQUISITOS TÉCNICOS.

Para la ejecución de la herramienta desarrollada es necesario:

- Software promodel versión 9.1 o posterior.
- Software Microsoft Excel 2010 o posterior.

CÓDIGO DEL MODELO

```
*****
*
*                               *
*      Listado del modelo formateado:      *
* C:\Users\Jhonathan Mauricio\Box Sync\Tesis\Capitulos\Productos\modelos finales\cerveza final
22\plantacervezaconfluidos.mod *
*                               *
*****
```

```
Unidades de Tiempo:      Minutos
Unidades de Distancia:   Pies
Lógica de Inicialización:  Activate calculos()
                          Activate arribomatriasprimas()
                          Activate tiempoaparada()
                          Activate operacioncompleta()
```

```
Lógica de Terminación: // Updates tank statistics to account for final state and contents
                          Int Tank_StatIndex = 1
                          While Tank_StatIndex <= 100 Do
                          {
                          Tank_UpdateStats(Tank_StatIndex)
                          Tank_SetState(Tank_StatIndex, Tank_Idle)
                          Inc Tank_StatIndex
                          }
```

```
*****
*                               *
*      Locaciones      *
*                               *
*****
```

Nombre	Cap	Unidades Estadist	Reglas	Costos
Agua	10000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Malta	1000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
macerador	1000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Filtro	1000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Marmita	1000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
filtro2	1000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
IC	1000	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Reactor	GUI[5]	1	Series de tiempo Más Tiempo, , Primera	
Cilo	GUI[6]	1	Series de tiempo Más Tiempo, , Primera	
Filtro3	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Embotelladora	numero_empacadoras	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Etiqueteadora	numeroetiqueteadoras	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
Almacen_de_botellas	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
botellas_a_llenar	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	
empacado1	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,	

empacado2	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
empacado3	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
consolidado_tipo_1	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
consolidado_tipo_2	Infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
consolidado_tipo_3	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
Almacen_general	infinite	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
preempaque	1	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,
botellasaempacar	500	1	Series de tiempo Más Tiempo, ,

 * Entidades *

Nombre	Velocidad (Ppm)	Estadist	Costos
Cerveza	150	Series de tiempo	
cervezafinalizada	150	Series de tiempo	
botella	150	Series de tiempo	
productoempacadoporbata	150	Series de tiempo	
pacasdebotella	150	Series de tiempo	

 * Redes de Ruta *

Nombre	Tipo	T/V	Desde	Hasta	BI	Distancia/Tiempo	Factor de Velocidad
Red2	Sobrepasar	Velocidad & Distancia	N1	N2	Bi	5.79	1
			N2	N3	Bi	6.97	
			N3	N4	Bi	4.43	
Red3	Sobrepasar	Velocidad & Distancia	N1	N2	Bi	43.66	1
			N2	N3	Bi	86.42	
			N1	N4	Bi	21.99	
			N4	N5	Bi	166.02	

 * Interfaces *

Red	Nodo	Locación
Red2	N1	botellasaempacar
	N2	Embotelladora
	N3	Etiquetadora
	N4	empacado2
	N4	empacado3
Red3	N4	empacado1
	N1	empacado2
	N1	empacado3
	N1	empacado1
	N2	consolidado_tipo_1
N2	consolidado_tipo_2	
N2	consolidado_tipo_3	


```

// usos

Uso_reactores=(1-(Cap(Reactor)-
Contents(Reactor))/cap(Reactor))*100
uso_cilos=(1-(Cap(Cilo)-Contents(Cilo))/cap(Cilo))*100
uso_embotelladoras=PercentUtil(Embotelladora)
uso_etiqueteadoras=PercentUtil(Etiqueteadora)

// orden 1
If orden=1 Then
{

    If pt1< lotestipo1 Then
    {

        Atipocerveza=1
        pt1=pt1+1
        If pt1=lotestipo1 And pt2 = lotestipo2 And pt3=lotestipo3
Then
        {
        pt1=0
        pt2=0
        Pt3=0
        }
        wait GUI[23] day
        Break
    }

    else If pt1= lotestipo1 and pt2<lotestipo2 Then
    {

        Atipocerveza=2
        pt2=pt2+1

        If pt1=lotestipo1 And pt2 = lotestipo2 And pt3=lotestipo3
Then
        {
        pt1=0
        pt2=0
        Pt3=0
        }
        wait GUI[24] day
        Break
    }

    If pt2>=lotestipo2 Then
    {

        Atipocerveza=3
        pt3=pt3+1

        If pt1=lotestipo1 And pt2 = lotestipo2 And pt3=lotestipo3
Then
        {
        pt1=0
        pt2=0
        Pt3=0

```

```
}
wait GUI[25] day
  Break
}

}

// cambio orden a dos

If orden=2 Then
{
  If pt1< lotestipo1 Then
  {

    Atipocerveza=1
    pt1=pt1+1

    wait GUI[23] day

    Break
  }

  else If pt1= lotestipo1 and pt3<lotestipo3 Then
  {
    Atipocerveza=3
    pt3=pt3+1
    wait GUI[25] day

    Break
  }
  If pt3>=lotestipo3 Then
  {
    Atipocerveza=2
    pt2=pt2+1
    wait GUI[24] day
    Break
  }

}

}

// cambio orden a 3

If orden=3 Then
{
  If pt2< lotestipo2 Then
  {

    Atipocerveza=2
    pt2=pt2+1

    wait GUI[24] day
```

```
Break
}

else If pt2= lotestipo2 and pt3<lotestipo3 Then
{
    Atipocerveza=3
    pt3=pt3+1
    wait GUI[25] day

    Break
}
If pt3>=lotestipo3 Then
{
    Atipocerveza=1
    pt1=pt1+1
    wait GUI[23] day
    Break
}

}

// cambio orden a 4

If orden=4 Then
{
    If pt3< lotestipo3 Then
    {

        Atipocerveza=3
        pt3=pt3+1

        wait GUI[25] day

        Break
    }

    else If pt3= lotestipo3 and pt2<lotestipo2 Then
    {
        Atipocerveza=2
        pt2=pt2+1
        wait GUI[24] day

        Break
    }
    If pt2>=lotestipo2 Then
    {
        Atipocerveza=1
        pt1=pt1+1
        wait GUI[23] day
        Break
    }

}

}
```

```
// cambio orden a 5

If orden=5 Then
{
  If pt2< lotestipo2 Then
  {

    Atipocerveza=2
    pt2=pt2+1

    wait GUI[24] day

  Break
  }

  else If pt2= lotestipo2 and pt1<lotestipo1 Then
  {
    Atipocerveza=1
    pt1=pt1+1
    wait GUI[23] day

    Break
  }
  If pt1>=lotestipo1 Then
  {
    Atipocerveza=3
    pt3=pt3+1
    wait GUI[25] day
    Break
  }

}

// cambio orden
If orden=6 Then
{
  If pt3< lotestipo3 Then
  {

    Atipocerveza=3
    pt3=pt3+1

    wait GUI[25] day

  Break
  }

  else If pt3= lotestipo3 and pt1<lotestipo1 Then
  {
    Atipocerveza=1
    pt1=pt1+1
    wait GUI[23] day
```

```

        Break
    }
    If pt1>=lotestipo1 Then
    {
        Atipocerveza=2
        pt2=pt2+1
        wait GUI[24] day
        Break
    }
}

```

```

Cerveza      Cilo      1 Cerveza      Cilo      FIRST 1
      If Atipocerveza=1 Then
      {
          wait GUI[26] day
          Split numerodecervezaporbatch As cervezafinalizada
          Break
      }
      If Atipocerveza=2 Then
      {
          wait GUI[27] day
          Split numerodecervezaporbatch As cervezafinalizada
          Break
      }
      If Atipocerveza=3 Then
      {
          wait GUI[28] day
          Split numerodecervezaporbatch As cervezafinalizada
          Break
      }
}

```

```

cervezafinalizada      Cilo
cervezafinalizada      Filtro3      1 cervezafinalizada      Filtro3      FIRST 1
1
cervezafinalizada      preempaque      1 cervezafinalizada      Embotelladora
FIRST 1
botella      Almacen_de_botellas Group 500 As pacasdebotella
pacasdebotella      Almacen_de_botellas      1 pacasdebotella      botellas_a_llenar
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free

pacasdebotella      botellas_a_llenar Ungroup

botella      botellas_a_llenar      1 botella      botellasaempacar FIRST
1

botella      botellasaempacar      1 botella      Embotelladora      Join 1
Move With Worker Then Free

```

```

cervezafinalizada  Embotelladora  Use Worker For 1 sec
                    Join 1 botella
                    1  cervezafinalizada  Etiquetadora  FIRST 1 Move
With Worker Then Free

cervezafinalizada  Etiquetadora  Use Worker For 1 sec

                    If Atipocerveza =1 Then
                    {
                    Route 1

                    }
                    If Atipocerveza =2 Then
                    {
                    Route 2

                    }
                    If Atipocerveza =3 Then
                    {
                    Route 3

                    }
                    1  cervezafinalizada  empacado1  FIRST 1
Move With Worker Then Free

                    2  cervezafinalizada  empacado2  FIRST 1
Move With Worker Then Free

                    3  cervezafinalizada  empacado3  FIRST 1
Move With Worker Then Free
cervezafinalizada  empacado1  Contador3=Contador3+1
                    Contador4=Clock(day)
                    Contadort1=Contadort1+1
                    graficas[Contador3,3]=Contador4
                    graficas[Contador3,4]=Contadort1

                    Accum numerodecervezaporbatch
                    Group numerodecervezaporbatch As productoempacadoporbatch

productoempacadoporbatch empacado1  Atipocerveza=1
                    1  productoempacadoporbatch  consolidado_tipo_1
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free

cervezafinalizada  empacado2  Contador5=Contador5+1
                    Contador6=Clock(day)
                    Contadort2=Contadort2+1
                    graficas[Contador5,5]=Contador6
                    graficas[Contador5,6]=Contadort2
                    Accum numerodecervezaporbatch
                    Group numerodecervezaporbatch As productoempacadoporbatch
productoempacadoporbatch empacado2  Atipocerveza=2
                    1  productoempacadoporbatch  consolidado_tipo_2
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free

```

```

cervezafinalizada    empacado3    Contador7=Contador7+1
                    Contador8=Clock(day)
                    Contadort3=Contadort3+1
                    graficas[Contador7,7]=Contador8
                    graficas[Contador7,8]=Contadort3

                    Accum numerodecervezaporbatch
                    Group numerodecervezaporbatch As productoempacadoporbach
productoempacadoporbach empacado3    Atipocerveza=3
                        1    productoempacadoporbach consolidado_tipo_3
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free
productoempacadoporbach consolidado_tipo_1 Wait 1 day
                    Atipocerveza=1
                        1    productoempacadoporbach Almacen_general
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free
productoempacadoporbach consolidado_tipo_2 Wait 1 day
                    Atipocerveza=2    1    productoempacadoporbach Almacen_general
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free
productoempacadoporbach consolidado_tipo_3 Wait 1 day
                    Atipocerveza=3    1    productoempacadoporbach Almacen_general
FIRST 1 Move With Forktruck2 Then Free
productoempacadoporbach Almacen_general    If Atipocerveza=1 Then
    {
        salida=salida+1

        preciominimo1=((salida/(salida+salida2+salida3))*Costo_total)/(salida*numerodecervezaporbatch)
        TotalT1=salida*numerodecervezaporbatch
    }
    If Atipocerveza=2 Then
    {
        salida2=salida2+1

        preciominimo2=((salida2/(salida+salida2+salida3))*Costo_total)/(salida2*numerodecervezaporbatch)
        TotalT2=salida2*numerodecervezaporbatch
    }
    If Atipocerveza=3 Then
    {
        salida3=salida3+1

        preciominimo3=((salida3/(salida+salida2+salida3))*Costo_total)/(salida3*numerodecervezaporbatch)
        TotalT3=salida3*numerodecervezaporbatch
    }

    //Calculo de costos, incluye costos de materia prima y almacenamiento
de productos (botellas vacías)
    GananciasT1=salida*numerodecervezaporbatch*Costos[8]
    GananciasT2=salida2*numerodecervezaporbatch*Costos[9]
    GananciasT3=salida3*numerodecervezaporbatch*Costos[10]
    eficiencia_en_entrega_de_pedidos=((tiempo_de_simulacion-
tiempo_actual)/tiempo_de_simulacion)*100

    If salida>=lotestipo1 And salida2>=lotestipo2 And salida3>=lotestipo3
Then

```

```

{
  Resultados[1]=Costo_total
  Resultados[2]=Ganancia_total
  Resultados[3]=TotalT1
  Resultados[4]=TotalT2
  Resultados[5]=TotalT3
  Resultados[6]=preciominimo1
  Resultados[7]=preciominimo2
  Resultados[8]=preciominimo3
  Resultados[9]=tiempo_actual
  Resultados[10]=tiempo_de_simulacion

  stop "se completaron los pedidos"
}

```

1 productoempacadoporbatch EXIT FIRST 1

* Asignaciones de Turno *

Locaciones... Recursos... Archivo de Calendario... Prioridades... Deshabilitar Lógica...

```

-----
Agua      Forktruck2  calendario.pmc  99,99,99,99  No
Almacen_general  Worker
botellas_a_llenar
Cilo
consolidado_tipo_1
consolidado_tipo_2
consolidado_tipo_3
Embotelladora
empacado1
empacado2
empacado3
Etiqueteadora
Filtro
filtro2
Filtro3
IC
macerador
Malta
Marmita
preempaque
Reactor

```

* Atributos *

ID Tipo Clasificación

Atipocerveza Integer Entidad

```
*****
*                               Variables (global)                               *
*****
```

ID	Tipo	Valor Inicial	Estadist
#			
#Records the quantity remaining after a fill if there was insufficient capacity.			
Tank_QtyLeft	Real	0	Ninguna
contenidomacerador	Integer	0	Series de tiempo
tamaño_del_lote	Integer	GUI[1]	Series de tiempo
lotestipo1	Integer	GUI[2]	Series de tiempo
lotestipo2	Integer	GUI[3]	Series de tiempo
lotestipo3	Integer	GUI[4]	Series de tiempo
pt1	Integer	0	Series de tiempo
pt2	Integer	0	Series de tiempo
pt3	Integer	0	Series de tiempo
tipo1	Integer	0	Series de tiempo
tipo2	Integer	0	Series de tiempo
tipo3	Integer	0	Series de tiempo
cantidad	Integer	0	Series de tiempo
prueba	Integer	0	Series de tiempo
capa	Integer	0	Series de tiempo
orden	Integer	GUI[13]	Series de tiempo
salida2	Integer	0	Series de tiempo
numero_reactores	Integer	GUI[5]	Series de tiempo
numero_tanques_de_almacenamien	Integer	GUI[6]	Series de tiempo
cantidad_de_malta_a_solicitar	Integer	GUI[14]	Series de tiempo
cantidad_de_agua_a_solicitar	Integer	GUI[15]	Series de tiempo
tiempo_de_reorden_materia_prim	Integer	GUI[16]	Series de tiempo
numerodecervezaporbatch	Integer	GUI[19]	Series de tiempo
tiempo_de_simulacion	Integer	GUI[12]	Series de tiempo
tiempo_actual	Integer	0	Series de tiempo
salida	Integer	0	Series de tiempo
numerooperariosempaque	Integer	GUI[8]	Series de tiempo
numero_empacadoras	Integer	GUI[7]	Series de tiempo
numeromontacargasproductotermi	Integer	GUI[20]	Series de tiempo
numeromontacargasempaquesysumi	Integer	GUI[21]	Series de tiempo
numeroetiqueteadoras	Integer	GUI[22]	Series de tiempo
salida3	Integer	0	Series de tiempo
aguaconsumida	Real	0	Series de tiempo
maltaconsumida	Real	0	Series de tiempo
Costo_Agua_consumida	Real	0	Series de tiempo
Costo_malta_consumida	Real	0	Series de tiempo
Costo_total	Real	0	Series de tiempo
GananciasT1	Real	0	Series de tiempo
GananciasT2	Real	0	Series de tiempo
GananciasT3	Real	0	Series de tiempo
Ganancia_total	Real	0	Series de tiempo
preciominimo1	Real	0	Series de tiempo
preciominimo2	Real	0	Series de tiempo
preciominimo3	Real	0	Series de tiempo
TotalT1	Integer	0	Series de tiempo


```

Wait U(147.5,2.5) min
Tank_Transfer(4, 5, tamaño_del_lote, 30, 30, 0)
Wait U(120,30) min
Tank_Transfer(5, 6, tamaño_del_lote, 30, 30, 0)
Tank_Transfer(6, 7, tamaño_del_lote, 25, 25, 0)
Tank_Dec(7,tamaño_del_lote)
Order 1 Cerveza To Reactor

}

calculos      Ninguna      Tank_Loop
{
    uso_tanques_agua=100-
(Tank_FreeCap(1)/Tank_Cap(1))*100
    uso_malta=100-(Tank_FreeCap(2)/Tank_Cap(2))*100
    Wait 30 min
}

arribomatriasprimas Ninguna      Tank_Loop
{

    Tank_SetLevel (1, cantidad_de_agua_a_solicitar)
    Tank_SetLevel (2, cantidad_de_malta_a_solicitar)
    Wait tiempo_de_reorden_materia_prima min

}

Tank_Fill      Ninguna      Tank_ID      Integer      // Fills a tank_ID by a quantity and rate.
    Tank_FillQty      Real
    Tank_FillRate      Real      Real Tank_TimeInc
    Tank_ResumeLevel      Real      Real Tank_FillInc
    Real Tank_FillCapacity = Tank_Cap(Tank_ID)
    Real Tank_FillRequest = Tank_FillQty
    Int Tank_VarRate = 0

    If Tank_FillRate <= 0.0 Then
    {
        Tank_VarRate = 1
    }
    Else
    {
        Tank_FillRate = Tank_FillRate * Tank_TimeStep //
convert units per minute to units per timestep
    }

    Wait Until Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down And
Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown // Don't fill if Tank_ID is down

    While Tank_FillQty > 0.0000001 Do
    {
        Tank_TimeInc = Tank_TimeStep

        If Tank_Level [Tank_ID] = Tank_FillCapacity Then

// Is Tank_ID already full?
    {

```

```

                                If Tank_ResumeLevel = Tank_Stop Then
                                {
                                    Tank_QtyLeft = Tank_FillQty
                                    Return
                                }

                                If Tank_ResumeLevel = 0.0 Then
                                {
                                    Stop "Attempted to fill
"$Loc(Tank_ID) $" beyond its capacity of " $Tank_Cap(Tank_ID)
                                }
                                Else If Tank_ResumeLevel >=
Tank_FillCapacity Then
                                {
                                    Stop "Resume Level in Tank_Fill
subroutine for "$Loc(Tank_ID)$ " must be less than its capacity"
                                }
                                Else
                                {
                                    Wait Until Tank_Level[Tank_ID] <=
Tank_ResumeLevel // wait for drop to resume filling
                                }
                                }

                                If Tank_VarRate Then
                                {
                                    Tank_FillRate = Tank_Rate(0, Tank_ID) *
Tank_TimeStep

                                    If Tank_FillRate = 0.0 Then
                                    {
                                        Tank_QtyLeft = Tank_FillQty
                                        Return
                                    }
                                }

                                // Adjust rate for last remaining quantity
                                If Tank_FillQty < Tank_FillRate Then
                                {
                                    Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
Tank_FillQty / Tank_FillRate // proportionalize
                                    Tank_FillInc = Tank_FillQty
                                }
                                Else
                                {
                                    Tank_FillInc = Tank_FillRate
                                }

                                If Tank_FillCapacity - Tank_Level[Tank_ID] <
Tank_FillInc Then // Test for insufficient cap BEFORE Wait
                                {
                                    Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
(Tank_FillCapacity - Tank_Level[Tank_ID]) / Tank_FillInc // proportionalize
                                }

```

```

Tank_Level[Tank_ID]
    Tank_FillInc = Tank_FillCapacity -
}
    If Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Filling Then
    {
        Tank_SetState(Tank_ID, Tank_Filling)
    }
    Wait Tank_TimeInc

    Wait Until Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown // Don't fill if Tank_ID is down

    If Tank_FillCapacity - Tank_Level[Tank_ID] <
Tank_FillInc Then // Test for insufficient cap AFTER Wait
    {
        Tank_FillInc = Tank_FillCapacity -
Tank_Level[Tank_ID]
    }
    Dec Tank_FillQty, Tank_FillInc
    Inc Tank_Level [Tank_ID], Tank_FillInc
    Tank_UpdateStats (Tank_ID)
}

// Adjust for floating point error
If Tank_Level[Tank_ID] < Tank_FillRequest Then
{
    If Tank_Level[Tank_ID] + .0000001 >
Tank_FillRequest Then
    {
        Tank_Level[Tank_ID] = Tank_FillRequest
        Tank_UpdateStats (Tank_ID)
    }
}

    Tank_QtyLeft = 0.0
    Inc Tank_Fills[Tank_ID]
Tank_Empty Ninguna Tank_ID Integer // Empties a Tank_ID by a quantity and
rate.
    Tank_EmptyQty Real
    Tank_EmptyRate Real Real Tank_TimeInc
    Tank_ResumeLevel Real Real Tank_EmptyInc
    Int Tank_VarRate

    If Tank_EmptyRate <= 0.0 Then
    {
        Tank_VarRate = 1
    }
    Else
    {
        Tank_EmptyRate = Tank_EmptyRate *
Tank_TimeStep // convert units per minute to units per timestep
    }
}

```

```
Wait Until Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down And
Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown // Don't empty if Tank_ID is down

While Tank_EmptyQty > 0.0 Do
{
    Tank_TimeInc = Tank_TimeStep

    If Tank_Level [Tank_ID] = 0.0 Then // Is Tank_ID
empty?
    {
        If Tank_ResumeLevel = Tank_Stop Then
        {
            Tank_QtyLeft = Tank_EmptyQty
            Return
        }

        If Tank_ResumeLevel = 0.0 Then
        {
            Stop "Attempted to empty
"$Loc(Tank_ID) $" by more than its contents"
        }
        Else If Tank_ResumeLevel >
Tank_Cap(Tank_ID) Then
        {
            Stop "Resume Level in
Tank_Empty subroutine for "$Loc(Tank_ID)$ " must be less than or equal to its capacity"
        }
        Else
        {
            Wait Until Tank_Level[Tank_ID] >=
Tank_ResumeLevel // wait for rise to resume filling
        }
    }

    If Tank_VarRate Then
    {
        Tank_EmptyRate = Tank_Rate(Tank_ID,
0) * Tank_TimeStep

        If Tank_EmptyRate = 0.0 Then
        {
            Tank_QtyLeft = Tank_EmptyQty
            Return
        }
    }

    If Tank_EmptyQty < Tank_EmptyRate Then // test
for final partial amount
    {
        Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
Tank_EmptyQty / Tank_EmptyRate //proportionalize
        Tank_EmptyInc = Tank_EmptyQty
    }
    Else
```

```

        {
            Tank_EmptyInc = Tank_EmptyRate
        }

    If Tank_Level [Tank_ID] < Tank_EmptyInc Then //
Test for insufficient qty BEFORE Wait
        {
            Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
Tank_Level [Tank_ID] / Tank_EmptyInc // proportionalize
            Tank_EmptyInc = Tank_Level [Tank_ID]
        }

        If Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Emptying Then
        {
            Tank_SetState(Tank_ID, Tank_Emptying)
        }

        Wait Tank_TimeInc

        Wait Until Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown // Don't empty if Tank_ID is down

        If Tank_Level [Tank_ID] < Tank_EmptyInc Then //
Test for insufficient qty AFTER Wait
        {
            Tank_EmptyInc = Tank_Level [Tank_ID]
        }
        Dec Tank_EmptyQty, Tank_EmptyInc
        Dec Tank_Level [Tank_ID], Tank_EmptyInc
        Tank_UpdateStats (Tank_ID)
    }

    Tank_QtyLeft = 0.0
    Tank_Transfer Ninguna Tank_FromID Integer // Transfers a quantity from one
Tank_ID to another.
        Tank_ToID Integer
        Tank_TransferQty Real Real Tank_ToQty
        Tank_FromRate Real Real Tank_FromQty
        Tank_ToRate Real Real Tank_TimeInc
        Tank_ResumeLevel Real Real Tank_ToCapacity =
Tank_Cap(Tank_ToID)

        Int Tank_VarRate = 0

        Wait Until Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_Down And
Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_ScheduledDown And // Don't transfer if FROM Tank_ID
is down
        Tank_State[Tank_ToID] <>
Tank_Down And Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_ScheduledDown // Don't
transfer if TO Tank_ID is down

        If Tank_FromRate <= 0.0 Then // test for variable rate
transfer
        {
            Tank_VarRate = 1 // used as a flag
        }

```

```

Else
{
    Tank_FromRate = Tank_FromRate *
Tank_TimeStep // convert units per clock unit to per timestep

    If Tank_ToRate = 0.0 Then
    {
        Tank_ToRate = Tank_FromRate
    }
    Else
    {
        Tank_ToRate = Tank_ToRate *
Tank_TimeStep // convert units per clock unit to per timestep
    }
}

While Tank_TransferQty > 0.0000001 Do
{
    Tank_TimeInc = Tank_TimeStep

    // Make sure there is available TO capacity
    If Tank_Level [Tank_ToID] >= Tank_ToCapacity
Then
    {
        If Tank_ResumeLevel = Tank_Stop Then
        {
            Tank_QtyLeft = Tank_TransferQty
            Return
        }

        If Tank_ResumeLevel = 0.0 Then
        {
            Stop "Attempted to fill
"$Loc(Tank_ToID) $" beyond its capacity of " $Tank_ToCapacity
        }
        Else If Tank_ResumeLevel >=
Tank_ToCapacity Then
        {
            Stop "Resume Level in
Tank_Transfer subroutine for "$Loc(Tank_FromID)$ " must be less than its capacity"
        }
        Else
        {
            Wait Until Tank_Level[Tank_ToID]
<= Tank_ResumeLevel
        }
    }

    If Tank_Level [Tank_FromID] <= 0.0 Then //
test for empty FROM tank_ID
    {
        Wait Until Tank_Level [Tank_FromID] > 0.0
    }
}

```

```

// For variable flow rate, call Tank_Rate subroutine
to find rate
// Tank_VarRate Then
{
    Tank_FromRate = Tank_Rate
(Tank_FromID, Tank_ToID) * Tank_TimeStep // convert var units per clock unit to per timestep

    If Tank_FromRate = 0.0 Then
    {
        Tank_QtyLeft = Tank_TransferQty
        Return
    }
    Tank_ToRate = Tank_FromRate
}

// Test for final remaining quantity
If Tank_TransferQty < Tank_FromRate Then
{
    Tank_FromQty = Tank_TransferQty //
    Tank_Timelnc = Tank_Timelnc *
    Tank_ToQty = Tank_ToRate *
    Tank_FromQty / Tank_FromRate // proportionalize
    Tank_ToQty / Tank_ToRate // proportionalize
}
Else
{
    Tank_FromQty = Tank_FromRate
    Tank_ToQty = Tank_ToRate
}

// Adjust flow rates based on FROM level BEFORE
time step
If Tank_Level[Tank_FromID] < Tank_FromQty
Then
{
    Tank_Timelnc = Tank_Timelnc *
    Tank_Level[Tank_FromID] / Tank_FromQty // proportionalize
    Tank_ToQty = Tank_ToQty *
    Tank_Level[Tank_FromID] / Tank_FromQty // proportionalize
    Tank_FromQty = Tank_Level[Tank_FromID] // reduce to remaining quantity
}

// Further adjust flow rates based on TO level
BEFORE time step
If Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID] <
Tank_ToQty Then
{
    Tank_Timelnc = Tank_Timelnc *
    (Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty
    Tank_FromQty = Tank_FromQty *
    (Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty
    Tank_ToQty = Tank_ToCapacity -
    Tank_Level[Tank_ToID]
}

```

```

Then
Tank_Emptying)
    If Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_Emptying
    {
        Tank_SetState(Tank_FromID,
    }

    If Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_Filling Then
    {
        Tank_SetState(Tank_ToID, Tank_Filling)
    }

    Wait Tank_TimeInc

    Wait Until Tank_State[Tank_FromID] <>
Tank_Down And Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_ScheduledDown And // Don't transfer if
FROM Tank_ID is down
    Tank_State[Tank_ToID]
<> Tank_Down And Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_ScheduledDown // Don't
transfer if TO Tank_ID is down

    // Adjust rate based on FROM level after time step
    If Tank_Level[Tank_FromID] < Tank_FromQty
Then
    {
        Tank_ToQty = Tank_ToQty *
Tank_Level[Tank_FromID] / Tank_FromQty // proportionalize
        Tank_FromQty =
Tank_Level[Tank_FromID] // reduce to remaining qty
    }

    // Further adjust flow rates based on available TO
capacity
    If Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID] <
Tank_ToQty Then
    {
        Tank_FromQty = Tank_FromQty *
(Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty // proportionalize
        Tank_ToQty = Tank_ToCapacity -
Tank_Level[Tank_ToID]
    }

    Dec Tank_Level [Tank_FromID], Tank_FromQty
    Tank_UpdateStats (Tank_FromID)
    Inc Tank_Level [Tank_ToID], Tank_ToQty
    Tank_UpdateStats (Tank_ToID)
    Dec Tank_TransferQty, Tank_FromQty
}

    Tank_QtyLeft = 0.0
    Inc Tank_Fills[Tank_ToID]
    Tank_TransferDownTo Ninguna Tank_FromID Integer // Transfers until FROM tank_ID
drops to a specified level

```

```

        Tank_ToID      Integer
        Tank_FromLevel Real    If (Tank_FromLevel < 0.0) Or (Tank_FromLevel
> Tank_Cap(Tank_FromID)) Then
        Tank_FromRate  Real    {
        Tank_ToRate     Real    Stop ""$Tank_FromLevel $ " is not a valid
level for "$Loc(Tank_FromID)$" in Tank_TransferDownTo subroutine call"
        }
        If Tank_Level[Tank_FromID] <= Tank_FromLevel Then
        {
                Stop "Level specified in Tank_TransferDownTo is
greater than or equal to current level for "$loc(Tank_FromID)
        }

        Real Tank_ToQty
        Real Tank_FromQty
        Real Tank_TimeInc
        Real Tank_ToCapacity = Tank_Cap(Tank_ToID)
        Int Tank_VarRate = 0

        Wait Until Tank_Level [Tank_FromID] > 0.0 // Don't start
until there is at least something in From Tank_ID

        Wait Until Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_Down And
Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_ScheduledDown And           // Don't transfer if FROM
Tank_ID is down
        Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_ScheduledDown           // Don't transfer if
TO Tank_ID is down

        If Tank_FromRate <= 0.0 Then // test for variable rate
transfer
        {
                Tank_VarRate = 1 // used as a flag
        }
        Else
        {
                Tank_FromRate      =      Tank_FromRate      *
Tank_TimeStep // convert units per clock unit to per timestep

                If Tank_ToRate = 0.0 Then
                {
                        Tank_ToRate = Tank_FromRate
                }
                Else
                {
                        Tank_ToRate      =      Tank_ToRate      *
Tank_TimeStep //convert units per clock unit to per timestep
                }
        }
        }

        While Tank_Level[Tank_FromID] > Tank_FromLevel Do
        {
                Tank_TimeInc = Tank_TimeStep

                // Make sure there is capacity in TO tank_ID before
time step or an infinite loop will occur

```

```
Then                                     If Tank_Level[Tank_ToID] >= Tank_ToCapacity
{
Tank_ToCapacity                          Wait Until Tank_Level [Tank_ToID] <
}
// For variable flow rate, call Tank_Rate subroutine
to find rate                             If Tank_VarRate Then
{
= Tank_Rate(Tank_FromID, Tank_ToID) * Tank_TimeStep // convert var units per clock unit to per
time step                                Tank_FromRate
                                           {
                                           Tank_FromRate
                                           If Tank_FromRate <= 0.0 Then
                                           {
                                           Stop "Tank_Rate must return a
value greater than 0 in Tank_TranferToLevel subroutine"
                                           }
                                           Tank_ToRate = Tank_FromRate
                                           }
                                           }
                                           // Adjust flow rates based on FROM contents
                                           If Tank_Level[Tank_FromID] - Tank_FromLevel <
Tank_FromRate then
                                           {
                                           Tank_FromQty = Tank_FromRate *
Tank_Level[Tank_FromID] - Tank_FromLevel // reduce to remaining qty
                                           Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
Tank_FromQty / Tank_FromRate // proportionalize
                                           Tank_ToQty = Tank_ToRate *
Tank_FromQty / Tank_FromRate // proportionalize
                                           }
                                           Else
                                           {
                                           Tank_FromQty = Tank_FromRate
                                           Tank_ToQty = Tank_ToRate
                                           }
                                           }
                                           // Further adjust flow rates based on available TO
capacity
                                           If Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID] <
Tank_ToQty Then
                                           {
                                           Tank_FromQty = Tank_FromQty *
(Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty
                                           Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
(Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty
                                           Tank_ToQty = Tank_ToCapacity -
Tank_Level[Tank_ToID]
                                           }
                                           }
```

```

Then
    If Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_Emptying
    {
        Tank_SetState(Tank_FromID,
Tank_Emptying)
    }
    If Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_Filling Then
    {
        Tank_SetState(Tank_ToID, Tank_Filling)
    }

    Wait Tank_TimeInc

    Wait Until Tank_State[Tank_FromID] <>
Tank_Down And Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_ScheduledDown And // Don't
transfer if FROM Tank_ID is down
    Tank_State[Tank_ToID] <>
Tank_Down And Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_ScheduledDown //
Don't transfer if TO Tank_ID is down

    // Adjust transfer qty based on FROM level AFTER
time step
    If Tank_Level[Tank_FromID] - Tank_FromLevel <
Tank_FromQty Then
    {
        Tank_ToQty = Tank_ToQty *
(Tank_Level[Tank_FromID] - Tank_FromLevel) / Tank_FromQty // proportionalize
        Tank_FromQty =
Tank_Level[Tank_FromID] - Tank_FromLevel // reduce to remaining qty
    }

    // Further adjust flow rates based on available TO
capacity
    If Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID] <
Tank_ToQty Then
    {
        Tank_FromQty = Tank_FromQty *
(Tank_ToCapacity - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty // proportionalize
        Tank_ToQty = Tank_ToCapacity -
Tank_Level[Tank_ToID]
    }

    Dec Tank_Level [Tank_FromID], Tank_FromQty
    Tank_UpdateStats (Tank_FromID)
    Inc Tank_Level [Tank_ToID], Tank_ToQty
    Tank_UpdateStats (Tank_ToID)
}
Tank_TransferUpTo Ninguna Tank_FromID Integer // Transfers until TO tank_ID rises
to a specified level
    Tank_ToID Integer
    Tank_ToLevel Real If (Tank_ToLevel < 0.0) Or (Tank_ToLevel >
Tank_Cap(Tank_ToID)) Then
        Tank_FromRate Real {
        Tank_ToRate Real Stop ""$Tank_ToLevel $ " is not a valid
level for " $Loc(Tank_ToID)$" in Tank_TransferUpTo subroutine call"
        }
}

```

```

    If Tank_Level[Tank_ToID] >= Tank_ToLevel Then
    {
        Stop "Level specified in Tank_TransferUpTo is less
than or equal to current level for "$loc(Tank_ToID)
    }

    Real Tank_ToQty
    Real Tank_FromQty
    Real Tank_TimeInc
    Int Tank_VarRate = 0

    Wait Until Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_Down And
Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_ScheduledDown And // Don't transfer if FROM
Tank_ID is down
    Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_ScheduledDown // Don't transfer if
TO Tank_ID is down

    If Tank_FromRate <= 0.0 Then // test for variable rate
transfer
    {
        Tank_VarRate = 1 // used as a flag
    }
    Else
    {
        Tank_FromRate = Tank_FromRate *
Tank_TimeStep // convert units per clock unit to per timestep

        If Tank_ToRate = 0.0 Then
        {
            Tank_ToRate = Tank_FromRate
        }
        Else
        {
            Tank_ToRate = Tank_ToRate *
Tank_TimeStep //convert units per clock unit to per timestep
        }
    }

    While Tank_Level[Tank_ToID] < Tank_ToLevel Do
    {
        Tank_TimeInc = Tank_TimeStep

        // Make sure there is enough From qty BEFORE
time step or an infinite loop will occur
        If Tank_Level [Tank_FromID] <= 0.0 Then
        {
            Wait Until Tank_Level [Tank_FromID] > 0.0
        }

        // For variable flow rate, call Tank_Rate subroutine
to find rate
        If Tank_VarRate Then

```

```

{
    Tank_FromRate =
Tank_Rate(Tank_FromID, Tank_ToID) * Tank_TimeStep // convert var units per clock unit to per
time step

    If Tank_FromRate <= 0.0 Then
    {
        Stop "Tank_Rate must return a
value greater than 0 in Tank_TranferToLevel subroutine"
    }
    Tank_ToRate = Tank_FromRate
}

// Adjust flow rates based on TO level BEFORE time
step.
If Tank_ToLevel - Tank_Level[Tank_ToID] <
Tank_ToRate then
{
    Tank_ToQty = Tank_ToLevel -
Tank_Level[Tank_ToID] // reduce to remaining qty
    Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
Tank_ToQty / Tank_ToRate // proportionalize
    Tank_FromRate = Tank_FromRate *
Tank_ToQty / Tank_ToRate // proportionalize
}
Else
{
    Tank_FromQty = Tank_FromRate
    Tank_ToQty = Tank_ToRate
}

// Further adjust flow rates based on available From
qty and To level BEFORE time step
If Tank_Level [Tank_FromID] < Tank_FromRate
Then // test for less than From qty
{
    Tank_FromQty = Tank_Level
[Tank_FromID]
    Tank_ToQty = Tank_ToRate *
Tank_FromQty / Tank_FromRate
    Tank_TimeInc = Tank_TimeInc *
Tank_FromQty / Tank_FromRate
}

If Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_Emptying
Then
{
    Tank_SetState(Tank_FromID,
Tank_Emptying)
}
If Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_Filling Then
{
    Tank_SetState(Tank_ToID, Tank_Filling)
}

Wait Tank_TimeInc

```

```

                                Wait Until Tank_State[Tank_FromID] <>
Tank_Down And Tank_State[Tank_FromID] <> Tank_ScheduledDown And // Don't
transfer if FROM Tank_ID is down

                                Tank_State[Tank_ToID] <>
Tank_Down And Tank_State[Tank_ToID] <> Tank_ScheduledDown //
Don't transfer if TO Tank_ID is down

                                // Adjust transfer qty based on levels AFTER time
step
                                If Tank_ToLevel - Tank_Level[Tank_ToID] <
Tank_ToQty Then
                                {
                                If Tank_Level[Tank_ToID] >=
Tank_ToLevel Then
                                {
                                Return // terminate if already filled
to level
                                }
                                Tank_FromQty = Tank_FromQty *
(Tank_ToLevel - Tank_Level[Tank_ToID]) / Tank_ToQty // proportionalize
                                Tank_ToQty = Tank_ToLevel -
Tank_Level[Tank_ToID] // reduce to remaining qty
                                }
                                If Tank_Level [Tank_FromID] < Tank_FromQty
Then
                                {
                                Tank_ToQty = Tank_ToQty *
Tank_Level[Tank_FromID] / Tank_FromQty
                                Tank_FromQty = Tank_Level
[Tank_FromID]
                                }
                                Dec Tank_Level [Tank_FromID], Tank_FromQty
                                Tank_UpdateStats (Tank_FromID)
                                Inc Tank_Level [Tank_ToID], Tank_ToQty
                                Tank_UpdateStats (Tank_ToID)
                                }
Tank_Inc Ninguna Tank_ID Integer // Instantly increases the level of a Tank_ID
by a specified quantity.
                                Tank_FillQty Real // If the Tank_ID has insufficient capacity, it is filled
as capacity becomes available.

                                Real Tank_FillAmt

                                While Tank_FillQty > 0 Do
                                {
                                Tank_FillAmt = Tank_FillQty

                                Wait Until Tank_Level[Tank_ID] < Cap
(Loc(Tank_ID)) // wait until Tank_ID is not full

                                If Tank_FreeCap(Tank_ID) < Tank_FillAmt Then

```

```

    {
        Tank_FillAmt = Tank_FreeCap(Tank_ID)
    }

    Dec Tank_FillQty, Tank_FillAmt
    Inc Tank_Level[Tank_ID], Tank_FillAmt
    Tank_UpdateStats(Tank_ID)
}
Tank_Dec Ninguna Tank_ID Integer // Instantly decreases the level of a
Tank_ID by a specified quantity.
    Tank_EmptyQty Real // If the Tank_ID has insufficient quantity, it is
emptied as material becomes available.

Real Tank_EmptyAmt

While Tank_EmptyQty > 0 Do
{
    Tank_EmptyAmt = Tank_EmptyQty

    Wait Until Tank_Level[Tank_ID] > 0.0 // wait until
Tank_ID is not empty

    If Tank_Level [Tank_ID] < Tank_EmptyAmt Then
    {
        Tank_EmptyAmt = Tank_Level [Tank_ID]
    }

    Dec Tank_EmptyQty, Tank_EmptyAmt
    Dec Tank_Level[Tank_ID], Tank_EmptyAmt
    Tank_UpdateStats(Tank_ID)
}
Tank_FallTrigger Ninguna Tank_ID Integer // Waits until a Tank_ID falls to a specified
level to trigger some action
    Tank_FallLevel Real
    Wait Until Tank_Level [tank_ID] > Tank_FallLevel // wait
until level first rises above trigger level
    Wait Until Tank_Level [tank_ID] <= Tank_FallLevel // wait
until level drops to trigger level
    Tank_RiseTrigger Ninguna Tank_ID Integer // Waits until a Tank_ID rises to a
specified level to trigger some action
    Tank_RiseLevel Real
    Wait Until Tank_Level [tank_ID] < Tank_RiseLevel // wait
until level first falls below trigger level
    Wait Until Tank_Level [tank_ID] >= Tank_RiseLevel //
wait until level rises to trigger level
    Tank_Prep Ninguna Tank_ID Integer // Prepares or cleans a Tank_ID before
filling.
    Tank_PrepTime Real // Time is counted as Setup time.

    Tank_Product[Tank_ID] = 0 // Clears out current product
type
    Tank_SetState (Tank_ID, Tank_Setup)
    Wait Tank_PrepTime
    Tank_SetState (Tank_ID, Tank_Idle)
    Tank_SetLevel Ninguna Tank_ID Integer // Instantly sets the Tank_ID level to the
specified amount

```

```

Tank_SetQty      Real      // If less than 0 or greater than the capacity, an
error occurs.

Tank_Cap(Tank_ID) Then
    If (Tank_SetQty < 0.0) Or (Tank_SetQty >
    {
    Stop "Set level " $ Tank_SetQty $ " is out of range
    }
    Tank_Level[Tank_ID] = Tank_SetQty
    Tank_UpdateStats(Tank_ID)
    Tank_DoOperation Ninguna Tank_ID Integer // Delays some time for an operation
such as mixing.
    Tank_OperationTime Real // Time is counted as Operation time.

    Real rOriginalDTstat

    Do
    {
    Wait Until Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown // Don't start if Tank_ID is down

    rOriginalDTstat = Tank_Statistics[Tank_ID, 13] //
Store the original cumulative DT stat in order to check if the Tank goes down during its Wait time
    Tank_SetState (Tank_ID, Tank_Operation)

    Wait Tank_OperationTime

    Tank_OperationTime = 0 // Set the
Tank_OperationTime to zero, signaling that it is complete

    // But first check to see if the Tank went Down and
came back up during the operation time and set the Tank_OperationTime to redo that amount of
time

    If rOriginalDTstat < Tank_Statistics[Tank_ID, 13]
Then
    {
    Tank_OperationTime =
Tank_Statistics[Tank_ID, 13] - rOriginalDTstat
    }

    // Next check if the Tank is still Down, determine
when it first started and add that time to the Tank_OperationTime
    If Tank_State[Tank_ID] = Tank_Down Or
Tank_State[Tank_ID] = Tank_ScheduledDown Then
    {
    Inc Tank_OperationTime, ( Clock() -
Tank_Statistics [Tank_ID, 6] )
    }

    }
    While Tank_OperationTime > 0

    If Tank_State[Tank_ID] = Tank_Operation Then

```

```

{
    //Setting the state to Blocked after the operation
time is complete assumes the Tank has some contents
    Tank_SetState (Tank_ID, Tank_Blocked)
}
Trace $LOC(Tank_ID) $ " DoOperation complete. "
Tank_GoDown    Ninguna    Tank_ID    Integer    // Sets Tank_ID state to Tank_Down
for a specified time and then sets it to state prior to downtime.
    Tank_DownTime    Real    // Downtime statistics are updated.

If Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1] = 0 Then
{
    Tank_Support_Stats[Tank_ID, 3] = Tank_State
[Tank_ID]
}

Inc Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1] // Current number of
DTs

If Tank_State [Tank_ID] <> Tank_Down And Tank_State
[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown Then
{
    Inc                Tank_Statistics[Tank_ID,3],
Tank_Statistics[Tank_ID,1] * (Clock() - Tank_Statistics[Tank_ID,2]) // inc cum level
    Tank_Statistics[Tank_ID,2] = Clock() // Update time
since last content change
    Tank_SetState (Tank_ID, Tank_Down)
}

Wait Tank_Downtime

Dec Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1]

If (Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1] = 0) And
(Tank_State[Tank_ID] = Tank_Down Or Tank_State[Tank_ID] = Tank_ScheduledDown) Then
{
    Tank_Statistics[Tank_ID,2] = Clock() // Update time
since last content change without changing contents
    Tank_SetState                (Tank_ID,
Tank_Support_Stats[Tank_ID, 3])
    Tank_Support_Stats[Tank_ID, 3] = 0
}

Tank_GoDownSched    Ninguna    Tank_ID    Integer    // Sets Tank_ID state to
Tank_ScheduledDown for a specified time and then sets it to state prior to downtime.
    Tank_DownTime    Real    // Downtime statistics are NOT updated.

If Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1] = 0 Then
{
    Tank_Support_Stats[Tank_ID, 3] = Tank_State
[Tank_ID]
}

Inc Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1] // Current number of
DTs

```

```

DTs that are scheduled DTs
    Inc Tank_Support_Stats[Tank_ID, 2] // Current number of

    If Tank_State [Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown then
    {
        Tank_SetState (Tank_ID, Tank_ScheduledDown)
    }

    Wait Tank_Downtime

    Dec Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1]
    Dec Tank_Support_Stats[Tank_ID, 2]

    If (Tank_Support_Stats[Tank_ID, 2] = 0) and
(Tank_State[Tank_ID] = Tank_ScheduledDown) Then
    {
        If Tank_Support_Stats[Tank_ID, 1] = 0 Then
        {
            Tank_SetState          (Tank_ID,
Tank_Support_Stats[Tank_ID, 3])
            Tank_Support_Stats[Tank_ID, 3] = 0
        }
        Else
        {
            Tank_SetState (Tank_ID, Tank_Down)
        }
    }

    Tank_SetState  Ninguna  Tank_ID      Integer  // Updates Tank_Statistics and sets the
Tank_State.
    SetState      Integer
    Int Stat_Index = Tank_State[Tank_ID] + 7

    If Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown Then
    {
        Inc Tank_Statistics [Tank_ID, Stat_Index], Clock() -
Tank_Statistics [Tank_ID, 6] // inc cum state time
    }

    Tank_Statistics [Tank_ID, 6] = Clock() // update last state
change time
    Tank_State[Tank_ID] = SetState

    Tank_FreeCap   Real      Tank_ID      Integer  // Returns the available capacity of a
Tank_ID
    Tank_Cap       Real      Tank_ID      Integer  // Returns the defined capacity of a Tank_ID
Return Cap(Loc(Tank_ID)) - Tank_Level [Tank_ID]
    Tank_UpdateStats  Ninguna  Tank_ID      Integer  // Updates the statistics for a Tank_ID
whenever the Level changes.
Return Cap(Loc(Tank_ID))

// It is called automatically in all of the pre-defined
subroutines that fill, empty and transfer.

// Tank_Statistics array column numbers referenced:

```

```

// 1 Last level
// 2 Last change time
// 3 Cum time-weighted level
// 4 Entries
// 5 Max contents

Inc Tank_Statistics[Tank_ID,3],
Tank_Statistics[Tank_ID,1] * (Clock() - Tank_Statistics[Tank_ID,2]) // inc cum level
Tank_Statistics[Tank_ID,2] = Clock() // Update time since
last change

If Tank_Level[Tank_ID] > Tank_Statistics[Tank_ID,1]
Then // test for increase in level
{
Inc Tank_Statistics[Tank_ID,4],
Tank_Level[Tank_ID] - Tank_Statistics[Tank_ID,1] // increment unit entries

If Tank_Level[Tank_ID] >
Tank_Statistics[Tank_ID,5] Then // test for new max conts
{
Tank_Statistics[Tank_ID,5] =
Tank_Level[Tank_ID] // assign new max conts
}
If Tank_Level[Tank_ID] = Cap(Loc(Tank_ID)) Then
// test to see if now full
{
If Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown Then
{
Tank_SetState(Tank_ID,
Tank_Blocked)
}
}
Else If Tank_State [Tank_ID] <> Tank_Filling And
(Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown) Then
{
Tank_SetState(Tank_ID, Tank_Filling)
}
}
Else If Tank_Level[Tank_ID] <
Tank_Statistics[Tank_ID,1] Then // must be a drop in level
{
If Tank_Level[Tank_ID] = 0 Then // test to see if
now empty
{
If Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down
And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown Then
{
Tank_SetState(Tank_ID,
Tank_Idle)
}
}
}
Else If Tank_State [Tank_ID] <> Tank_Emptying
And (Tank_State[Tank_ID] <> Tank_Down And Tank_State[Tank_ID] <> Tank_ScheduledDown)
Then
{

```

```

                                Tank_SetState(Tank_ID, Tank_Emptying)
                                }
                                }
                                Tank_Statistics[Tank_ID,1] = Tank_Level[Tank_ID] //
Update last level to current level
Tank_Rate      Real      Tank_FromID  Integer // Used to dynamically change a flow rate
for an emptying FROM tank_ID and/or a filling TO tank_ID.
                                Tank_ToID   Integer // The user must modify this routine to return the
desired rate.

                                // For example, if the flow rate from TankA to TankB
decreases from 150 gpm to 100 gpm when TankB rises above 4000,
                                // the following code might be entered:

                                // If (Tank_FromID = TankA) AND (Tank_ToID =
TankB) Then
                                // {
                                //     If Tank_Level[Tank_FromID] > 4000 Then
                                //     {
                                //         Return 100
                                //     }
                                //     Else
                                //     {
                                //         return 150
                                //     }
                                // }

                                // Replace the following code with your code.
                                If Tank_FromID = 0 Then
                                {
                                Stop "Passing 0 as the fill rate for " $
loc(Tank_ToID) $" requires that you return a rate value using the subroutine called Tank_Rate."
                                }
                                Else
                                {
                                Stop "Passing 0 as the empty or transfer rate for " $
loc(Tank_FromID) $" requires that you return a rate value using the subroutine called Tank_Rate."
                                }

Tank_SelectOutput Integer Tank_Start Integer // Selects an output tank_ID according
to a selection rule. Works for up to 10 outputs.
                                Tank_Qty   Integer
                                Tank_Rule   Integer Int Tank_Index
                                Tank_Limit  Real   Int Tank_WithLongestIdleTime
                                Tank_Prod   Integer Real Tank_LongestIdleTime

                                Tank_Loop
                                {
                                If Tank_Limit > 0 Then // test for OK to fill a partial
tank_ID
                                {
                                Tank_Index = Tank_Start
                                While Tank_Index < Tank_Start +
Tank_Qty Do

```

```

        {
            //Test for partially full tank_ID with
level equal to or less than the maximum level and same product type.
            // To select a partially full tank_ID
only when it is filling and not emptying, add test for Tank_State[Tank_Index] <> Tank_Emptying.
(see added change further below)
            If (Tank_Level [Tank_Index] > 0)
And (Tank_Level [Tank_Index] <= Tank_Limit) And (Tank_Product[Tank_Index] = Tank_Prod) Then
                {
                    Return Tank_Index
                }
            Else
                {
                    Inc Tank_Index
                }
            }
        }

// Test for idle tank_ID that meets selection rule
Tank_Index = Tank_Start

If Tank_Rule = Tank_InOrder Then
{
    While Tank_Index < Tank_Start +
Tank_Qty Do
        {
            If Tank_State[Tank_Index] =
Tank_Idle Then
                {
                    Return Tank_Index
                }
            Else
                {
                    Inc Tank_Index
                }
            }
        }
    Else If Tank_Rule = Tank_LongestIdle Then
    {
        Tank_WithLongestIdleTime = 0
        Tank_LongestIdleTime = 999999999.0

        While Tank_Index < Tank_Start +
Tank_Qty Do
            {
                If Tank_State [Tank_Index] =
Tank_Idle Then
                    {
                        if
Tank_Statistics[Tank_Index, 6] < Tank_LongestIdleTime Then
                            {
                                Tank_LongestIdleTime = Tank_Statistics[Tank_Index, 6]
                                Tank_WithLongestIdleTime = Tank_Index
                            }
                        }
                    }
            }
    }
}

```

```
        }
        Inc Tank_Index
    }
    If Tank_WithLongestIdleTime > 0 Then
    {
        Return Tank_WithLongestIdleTime
    }
}
Else
{
    Stop "Invalid output selection rule defined
for "$ Loc(Tank_Start)
}

// Wait for a tank_ID to become available
If Tank_Limit > 0 Then // Eliminate this test if a
partial tank_ID can only fill when already filling and not emptying.
{
    Wait 1 min // if waiting on a limit, check
every minute since it is dependent on product type as well
}
Else // Wait for the first tank_ID to become idle
{
    If Tank_Qty < 2 Then
    {
        Wait Until Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle
    }
    Else If Tank_Qty < 3 Then
    {
        Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle)
    }
    Else If Tank_Qty < 4 Then
    {
        Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle)
    }
    Else If Tank_Qty < 5 Then
    {
        Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle)
    }
    Else If Tank_Qty < 6 Then
    {
        Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
```

```

(Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 4] = Tank_Idle)
}
Else If Tank_Qty < 7 Then
{
    Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 4] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 5] = Tank_Idle)
}
Else If Tank_Qty < 8 Then
{
    Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 4] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 5] = Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 6] = Tank_Idle)
}
Else If Tank_Qty < 9 Then
{
    Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 4] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 5] = Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 6] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 7] = Tank_Idle)
}
Else If Tank_Qty < 10 Then
{
    Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 4] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 5] = Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 6] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 7] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 8] = Tank_Idle)
}
Else If Tank_Qty < 11 Then
{
    Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 1] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 2] =
Tank_Idle) Or
    (Tank_State[Tank_Start + 3] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 4] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 5] = Tank_Idle) Or

```

(Tank_State[Tank_Start + 6] = Tank_Idle) Or (Tank_State[Tank_Start + 7] = Tank_Idle) Or
(Tank_State[Tank_Start + 8] = Tank_Idle) Or

(Tank_State[Tank_Start + 9] = Tank_Idle)
}
}

Tank_SelectInput Integer Tank_Start Integer // Selects an input tank_ID according to
a rule. Works for up to 10 inputs.

Tank_Qty Integer
Tank_Rule Integer Int Tank_Index
Tank_Limit Real Int Tank_WithLongestBlockedTime
Tank_Prod Integer Real Tank_LongestBlockedTime

Tank_Loop

{

If Tank_Limit > 0 Then // test for OK to draw from
a partial tank_ID

{

Tank_Index = Tank_Start

While Tank_Index < Tank_Start +
Tank_Qty Do

{

// test for partially full tank_ID with
level equal to or greater than the minimum level and same product type.

// To select only a tank_ID that is
not being filled, add test for Tank_State[Tank_Index] <> Tank_Filling. (See additional note further
below)

If (Tank_FreeCap(Tank_Index) >
0) And (Tank_Level [Tank_Index] >= Tank_Limit) And (Tank_Product[Tank_Index] = Tank_Prod)
Then

{

Return Tank_Index

}

Else

{

Inc Tank_Index

}

}

}

// Test for blocked tank_ID that meets selection rule
Tank_Index = Tank_Start

If Tank_Rule = Tank_InOrder Then

{

While Tank_Index < Tank_Start +
Tank_Qty Do

{

If Tank_State[Tank_Index] =
Tank_Blocked Then

{

Return Tank_Index

```

    }
    Else
    {
        Inc Tank_Index
    }
}
Else if Tank_Rule = Tank_LongestBlocked Then
{
    Tank_WithLongestBlockedTime = 0
    Tank_LongestBlockedTime =
999999999.0
    While Tank_Index < Tank_Start +
Tank_Qty Do
    {
        If Tank_State [Tank_Index] =
Tank_Blocked Then
        {
            if
Tank_Statistics[Tank_Index, 6] < Tank_LongestBlockedTime then
            {
                Tank_LongestBlockedTime = Tank_Statistics[Tank_Index, 6]
                Tank_WithLongestBlockedTime = Tank_Index
            }
        }
        Inc Tank_Index
    }
    If Tank_WithLongestBlockedTime > 0
Then
    {
        Return
Tank_WithLongestBlockedTime
    }
Else
{
    Stop "Invalid input selection rule defined for
"$ Loc(Tank_Start)
}
// Wait for a tank_ID to have material for input
If Tank_Limit > 0 Then // If partial tanks can only
selected if currently emptying (not filling), eliminate this test.
{
    Wait 1 min // if waiting on a limit, check
every minute since it is dependent on product type as well
}
Else // Wait for the first tank_ID to become blocked
(full)
{
    If Tank_Qty < 2 Then
    {

```

```

= Tank_Blocked
                                Wait Until Tank_State[Tank_Start]
                                }
                                Else If Tank_Qty < 3 Then
                                {
                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 4 Then
                                {
                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 5 Then
                                {
                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 6 Then
                                {
                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+4] =
Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 7 Then
                                {
                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+4] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+5] = Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 8 Then
                                {
                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+4] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+5] = Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+6] = Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 9 Then
                                {
```

```

                                Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+4] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+5] = Tank_Blocked) Or
                                (Tank_State[Tank_Start+6] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+7] =
Tank_Blocked)
                                }
                                Else If Tank_Qty < 10 Then
                                {
                                    Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) OR
                                    (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+4] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+5] = Tank_Blocked) OR
                                    (Tank_State[Tank_Start+6] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+7] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+8] = Tank_Blocked)
                                    }
                                    Else If Tank_Qty < 11 Then
                                    {
                                        Wait Until (Tank_State[Tank_Start]
= Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+1] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+2] =
Tank_Blocked) Or
                                        (Tank_State[Tank_Start+3] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+4] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+5] = Tank_Blocked) Or
                                        (Tank_State[Tank_Start+6] = Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+7] =
Tank_Blocked) Or (Tank_State[Tank_Start+8] = Tank_Blocked) Or
                                        (Tank_State[Tank_Start+9] = Tank_Blocked)
                                        }
                                    }
                                }

```

* Archivos Externos *

ID	Tipo	Nombre del Archivo Mensaje
(null)	Turno	GUI.xlsx.xlsm
(null)	Turno	calendario.pmcad
Archivo1	Arribo	GUI.xlsx.xlsm
(null)		Resultados.xlsx

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. A. Domínguez Machuca y R. Alfalla Luque, «El Profesorado De Dirección Y Gestión De Producción/Operaciones En La Universidad Española:Un Estudio Empírico,» *Cuadernos de economía y dirección de la empresa*, pp. 285-318, 2000.
- [2] AIChE, «AIChE Constitution,» 26 Enero 2015. [En línea]. Available: <http://www.iche.org/about/governance/constitution>.
- [3] R. E. Navarro, «El concepto de Enseñanza Aprendizaje,» *Red Científica*, 2004.
- [4] F. Savater, *El Valor de Educar*, Barcelona: Editorial Ariel S.A., 1997.
- [5] R. Alfalla Luque, F. J. Arenas Márquez y C. Medina López, «La Aplicación De Las Tic A La Enseñanza Universitaria Y Su Empleo En La Formación En Dirección De La Producción/Operaciones,» *Píxel-Bit, Revista de Medios y Educación*, pp. 1-9, 2001.
- [6] Corporación Colombia Digital, *Aprender y Educar con las Tecnologías del Siglo XXI*, Bogotá, 2012.
- [7] J. M. Vargas Barbosa y J. A. Giraldo García, «Modelo Didáctico en Toma de Decisiones relacionadas con la Gestión de Producción y Operaciones (GPO). Aplicación en Ingeniería Química,» *Formación Universitaria*, vol. 8, nº 6, p. En prensa, 2015.
- [8] J. M. Vargas Barbosa y J. A. Giraldo García, «Modelo de Entrenamiento en Toma de Decisiones Relacionadas con Gestión de Producción Y Operaciones de un Sistema de Fabricación de Bioetanol,» *Iteckne*, vol. 12, nº 1, pp. 7-16, 2015.
- [9] J. M. Vargas Barbosa y J. A. Giraldo Garcia, «Modelo de Predicción de Costos en Servicios de Salud Soportado en Simulación Discreta,» *Información Tecnológica*, vol. 25, nº 4, pp. 175-184, 2014.

- [10] J. M. Vargas Barbosa y J. A. Giraldo Garcia, «Un Modelo de Soporte a Decisiones Basado en Simulación Discreta Aplicado en una Unidad de Servicios de Salud,» de *11° Congreso Interamericano de Computación Aplicada a la Industria de Procesos*, Lima, 2013.
- [11] CLAIO, *CLAIO XVII/CSMIO III 2014 notification for submission 363*, 2014.
- [12] J. M. Vargas Barbosa y J. A. Giraldo García, «Modelo de Soporte al Proceso Enseñanza/Aprendizaje de la Gestión de la Producción Y Operaciones Basado en TIC,» de *7th International Conference on Production Research / American Region*, Lima, 2014.
- [13] J. M. Vargas Barbosa y J. A. Giraldo García, «Modelo de soporte al proceso de enseñanza/aprendizaje de la Gestión de la Producción y Operaciones basado en TIC,» de *I Coloquio Posgrado Ingenieria Industrial Universidad Nacional de Colombia sede Manizales*, Manizales, 2014.
- [14] P.-N. Hsieh y P.-L. C. , «An Assessment Of World-Wide Research Productivity In Production And Operations Management,» *Int. J. Production Economics*, nº 120, pp. 540-551, 2009.
- [15] S. Bidarian, s. Bidarian y A. M. Davoudi, «A Model For Application Of Ict In The Process Of Teaching And Learning,» *Social and Behavioral Sciences*, pp. 1032-1041, 2011.
- [16] R. Garduño Vera, «Objetos De Aprendizaje En La Educación Virtual: Una Aproximación En Bibliotecología,» *Investigación Bibliotecológica*, pp. 161-194, 2006.
- [17] Congreso de la República de Colombia, *Ley 18 de 1976. Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico en el país*, Bogotá, 1976.
- [18] IngenieríaQuímica.org, «Ingeniería Química - Definición,» 23 Febrero 2015. [En línea]. Available: http://www.ingenieriaquimica.org/ingenieria_quimica.
- [19] E. P. Byrne y J. J. Fitzpatrick, «Chemical Engineering In An Unsustainable World: Obligations And Opportunities,» *education for chemical engineers*, pp. 51-67, 2009.
- [20] M. Narodslawsky, «Chemical Engineering In A Sustainable Economy,» *Chemical Engineering Research and Design*, pp. 2021-2028, 2013.

- [21] T. Pereira, «Sustainability: An Integral Engineering Design Approach,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, pp. 1133-1137, 2009.
- [22] Y. Jin, D. Wang y F. Wei, «The Ecological Perspective In Chemical Engineering,» *Chemical Engineering Science*, pp. 1885-1895, 2004.
- [23] J. García Serna, L. Pérez Barrigón y J. M. Cocero, «New Trends For Design Towards Sustainability In Chemical Engineering: Green Engineering,» *Chemical Engineering Journal*, pp. 7-30, 2007.
- [24] M. F. Edwards, «Some Challenges for Chemical Engineers,» *Chemical Engineering Research and Design*, pp. 255-260 , 2006.
- [25] A. M. Martín y C. Speltini, «Química Analítica: Una Oportunidad para la Inclusión de Aspectos Sociales y Culturales en Ingeniería Química,» *Formación Universitaria*, pp. 3-10, 2010.
- [26] M. H. Corchuelo Mora, «Una aproximación a los procesos de formación de ingenieros,» *Revista Electrónica De La Red De Investigación Educativa*, vol. 1, nº 1, pp. 1-10, 2004.
- [27] I. . E. Grossmann, «Challenges In The New Millennium: Product Discovery And Design, Enterprise And Supply Chain Optimization, Global Life Cycle Assessment,» *Computers and Chemical Engineering*, pp. 29-39, 2004.
- [28] Elnashaie, W. Azlina, M. Amran, A. D. Radiah y A. Salmiaton, «Sustainable Development in Chemical and Biological Engineering Education,» *Social and Behavioral Sciences*, pp. 490-498, 2013.
- [29] Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, «Ingeniería Química,» 11 Noviembre 2013. [En línea]. Available: <http://www.manizales.unal.edu.co/index.php/ingenieria-quimica>.
- [30] D. M. Cárdenas Aguirre, Ó. D. Castrillón Gómez, F. Becerra Rodríguez, A. García, J. A. Giraldo García, S. Ibarra Mirón, S. Ruis Herrera, W. A. Sarache Castro, J. Tamayo y A. Zapata Gómez, *Gestión De La Producción: Una Aproximación Conceptual*, Bogotá: Universidad nacional de Colombia, Unibiblos, 2008.
- [31] R. Alfalla-Luque y Á. R. Martínez-Lorente, «Desarrollos Actuales En Docencia E Investigación En Dirección De Operaciones Y Tecnología,» *Working Papers on Operations Management*, pp. 1-8, 2012.

- [32] L. Sánchez Ruiz y B. Blanco Rojo, «El Modelo De Rasch En Dirección De Operaciones,» *Working Papers on Operations Management*, pp. 35-47, 2012.
- [33] R. V. Ruiz, *La Gestión en la Producción*, Fundación Universitaria Andaluza Inca Garcilaso, 2013.
- [34] J. Heizer y B. Render, *Operations Management*, Prentice Hall, 2013.
- [35] J. C. Longenecker, *Administración de Pequeñas Empresas, Enfoque Emprendedor*, Thomson, 2007.
- [36] D. F. Muñoz Negrón, *Administración de Operaciones*, Cengage Learning Editores, 2009.
- [37] A. Gunasekaran y E. W. Ngain, «The future of operations management: An Outlook and analysis,» *Int. J. Production Economics*, nº 135, pp. 687-701, 2012.
- [38] T. Fontalvo Herrera y N. J. Caba Villalobos, *Gestión de la producción y Operaciones*, Eumed, 2011.
- [39] P.-L. C. Pao-Nuan Hsieh, «An assessment of world-wide research productivity in production and operations management,» *Int. J. Production Economics*, nº 120, pp. 540-551, 2009.
- [40] S.-G. Lee, S. Trimi y C. K. , «The impact of cultural differences on technology adoption,» *Journal of World Business*, nº 48, pp. 20-29, 2013.
- [41] R. Canales Reyes, Tesis Doctoral, *Identificación De Factores Que Contribuyen Al Desarrollo De Actividades De Enseñanza Y Aprendizaje Con Apoyo De Las Tic, Que Resulten Eficientes Y Eficaces. Análisis De Su Presencia En Tres Centros Docentes*, Barcelona, 2006.
- [42] C. Almenara, J. Barroso Osuna, R. Romero Tena, M. Llorente Cejudo y P. Román Gravan, «Definición de Nuevas Tecnologías,» OCW de la Universidad de Sevilla, Facultad de Ciencias de la Educación, 13 Diciembre 2014. [En línea]. Available: http://ocwus.us.es/didactica-y-organizacionescolar/%20nuevas-tecnologias-aplicadas-a-la-educacion/NTAE/%20asigntae/apartados_NNTT/apartado3-2.asp.html.
- [43] S. Sarkar, «Sarkar, S. (2012). The role of information and communication technology (ICT) in higher education for the 21st century. The science probe, 1(1), 30-41.,» *The Science Probe* , vol. 1, nº 1, pp. 30-41, 2012.

- [44] Congreso de la Republica de Colombia, «Ley 1341 de 2009 Por la cual se definen Principios y conceptos sobre la sociedad de la información y la organización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC-, se crea la Agencia Nacional del Espectro y se dictan otras disposiciones,» Bogotá, 2009.
- [45] J. C. Cobo Romaní, «The Information Technologies Concept, Benchmarking of ICT Definitions in the Knowledge Society,» *Zer*, vol. 14, nº 27, pp. 295-318, 2009.
- [46] C. . V. López de Munain y C. A. Saiegg, «Tesis: Uso de la Simulación como estrategia de mejora en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las universidades. Una aplicación para la carrera de informática.,» Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Trelew, 2005.
- [47] R. Azaustre Ramírez, «La Educación,» *Enfoques Educativos*, nº 50, pp. 21-30, 2009.
- [48] M. P. Driscoll, *Psychology Of Learning For Instruction*, Pearson, 2005.
- [49] R. M. Esteban Moreno, «Los Paradigmas De La Educación,» 5 Marzo 2015. [En línea]. Available:
http://www.academia.edu/6044468/LOS_PARADIGMAS_DE_LOS_PARADIGMAS_DE_LA_EDUCACION_EDUCACION_N_N.
- [50] J. R. Savery y T. M. Duffy, «Problem Based Learning: An instructional model and its constructivist framework,» de *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*, New Jersey, Educational technology publications, Inc., 1996, pp. 134-147.
- [51] . C. C. Espinoza Melo y I. R. Sánchez Soto, «Aprendizaje basado en problemas para enseñar y aprender estadística y probabilidad,» *Paradigma*, vol. XXXV, nº 1, pp. 103-128, 2014.
- [52] C. Vizcarro y E. Juárez, «¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en problemas?,» de *La Metodología del Aprendizaje Basado en Problemas*, Murcia, Editum, Ediciones de la Universidad de Murcia, 2008.
- [53] B. Restrepo Gómez, «Aprendizaje Basado en Problemas (ABP): una innovación didáctica para la enseñanza universitaria,» *Educación Y Educadores*, vol. 8, pp. 9-19, 2005.

- [54] Grupo de Innovación en Metodologías Activas, Universidad Politécnica de Valencia, «Aprendizaje Basado en Problemas,» de *Metodologías Activas*, Valencia, Editorial UPV, 2008, pp. 11-24.
- [55] F. Díaz Barriga, «El aprendizaje basado en problemas y el método de casos,» de *Enseñanza situada: Vínculo entre la escuela y la vida*, México D.F., McGraw Hill., 2005, pp. 61-96.
- [56] S. Bidarian, S. Bidarian y A. M. Davoudi, «A Model for application of ICT in the process of teaching and learning,» *Social and Behavioral Sciences*, nº 29, pp. 1032-1041, 2011.
- [57] D. M. Cardona y J. M. Sánchez, «Indicadores Básicos para Evaluar el Proceso de Aprendizaje en Estudiantes de Educación a Distancia en Ambiente e-learning,» *Formación Universitaria*, vol. 3, nº 6, pp. 15-32, 2010.
- [58] M. H. Orozco, «Claves para una integración equilibrada de los usos de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje,» *Cultura de Guatemala*, vol. XXXIII, nº 1, pp. 75-104, 2013.
- [59] J. M. Duart y F. Lupiáñez, «Estrategias en la Introducción y Uso de las TIC en la Universidad,» *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, vol. 2, nº 1, pp. 5-30, 2005.
- [60] S. S. Kaware y S. K. Sain, «ICT Application in Education: An Overview,» *International Journal of Multidisciplinary Approach and Studies*, vol. 2, nº 1, pp. 25-32, 2015.
- [61] Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, «Seminario de Proyectos en Ingeniería III,» Medellín, 2015.
- [62] Universidad de Murcia, «Guía de la Asignatura de Grado "Gestión de la Producción",» Murcia, España, 2015.
- [63] Universidad de Cadiz, «Guía de la asignatura Gestión de la Producción para Ingeniería Química,» Cadiz, 2015.
- [64] Stanford University, «Chemical Engineering Course: Creating New Ventures in Engineering and Science-based Industries,» 29 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://scpd.stanford.edu/search/publicCourseSearchDetails.do?method=load&courseId=15519067>.

- [65] London Imperial College, «Chemical Engineering Courses 2015/2015,» 28 Abril 2015. [En línea]. Available: <https://www.imperial.ac.uk/study/ug/courses/chemical-engineering-department/chemical-engineering/>.
- [66] Universidad Católica de Chile, «Catálogo de cursos Ingeniería Química,» 16 Febrero 2015. [En línea]. Available: http://catalogo.uc.cl/index.php?option=com_catalogo&view=cursoslist&Itemid=378&sigla=ICS1513.
- [67] Universidad Nacional Autónoma de México, «Plan de estudios, licenciatura en Ingeniería Química,» 28 Marzo 2015. [En línea]. Available: https://escolar1.unam.mx/planes/f_quimica/Ingquim.pdf.
- [68] L. Chwif y M. R. Pereira Barretto, «Simulation Models As An Aid For The Teaching And Learning Process In Operations Management,» *Winter Simulation Conference*, pp. 1994-2000, 2003.