

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS DIGITALES ORIENTADAS A LA SIMULACIÓN DE PROCESOS
PRODUCTIVOS QUE INTEGREN MODELADO, ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN



Autor

Belcy Abril Cerinza

Programa De Ingeniería Industrial

Departamento De Ingenierías Mecánica, Mecatrónica E Industrial

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura

Universidad De Pamplona

Pamplona

Mayo De 2021

ANÁLISIS DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN MEDIANTE EL USO DE
HERRAMIENTAS DIGITALES ORIENTADAS A LA SIMULACIÓN DE PROCESOS
PRODUCTIVOS QUE INTEGREN MODELADO, ANÁLISIS Y VISUALIZACIÓN



Autor

Belcy Abril Cerinza

Director

German Arley Portilla González

Ingeniero Electrónico

Programa De Ingeniería Industrial

Departamento De Ingenierías Mecánica, Mecatrónica E Industrial

Facultad De Ingenierías Y Arquitectura

Universidad De Pamplona

Pamplona

Mayo De 2021

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	11
2. MARCO CONCEPTUAL	13
2.1. Sistema De Producción	13
2.1.1. Diferencias Entre Los Sistemas De Producción	15
2.2. Herramientas Digitales	16
2.2.1 Herramientas Digitales Orientadas A La Simulación.....	19
2.3. Simulación.....	20
2.3.1 Modelos De Simulación	21
2.3.2 Elementos De Un Modelo De Simulación.	22
2.3.3 Etapas Para Realizar Un Estudio De Simulación	23
2.3.4 Beneficios Y Desventajas De La Simulación.....	26
2.3.5 Aplicaciones De La Simulación	28
2.4 Software De Simulación.....	30
2.4.1 Tipos De Software De Simulación	33
2.4.2. Software De Simulación Arena	36
2.4.2.1.1. Módulos De Flujo. Basic Process	39
2.4.2.1.2. Módulos De Datos. Basic Process	41
2.4.2.1.3. Módulos De Flujo. Advanced Process	43

2.4.2.2. <i>Elementos Del Simulador Arena</i>	44
2.4.2.3. <i>Ventajas De Simular Con Arena</i>	45
2.4.2.4. <i>Aplicaciones Del Software Arena</i>	46
2.4.3. <i>Software De Simulación Promodel</i>	47
2.4.3.1. <i>Módulos De Promodel</i>	48
2.4.3.2. <i>Elementos Del Simulador Promodel</i>	50
2.4.3.3. <i>Ventajas De Usar Promodel</i>	50
2.4.3.4. <i>Aplicaciones Del Software Promodel</i>	51
2.4.4. <i>Software De Simulación Flexsim</i>	53
2.4.4.1. <i>Módulos Del Simulador Flexsim</i>	58
2.4.4.2. <i>Ventajas De Usar Flexsim</i>	59
2.4.4.3. <i>Aplicaciones Del Software Flexsim</i>	59
2.5 <i>Estado Del Arte</i>	60
2.5.1 <i>Software De Simulación Arena</i>	60
2.5.2 <i>Simulación Con Promodel</i>	63
2.5.3 <i>Simulación Con Flexsim</i>	65
2.6 <i>Análisis De Los Principales Softwares De Simulación Y Su Impacto Actual.</i>	68
2.7 <i>análisis De Sistemas De Producción Mediante El Uso De Herramientas Digitales</i>	72
2.8 <i>Sistemas De Producción Y Software De Simulación</i>	73

CONCLUSIONES	75
BIBLIOGRAFÍA	77

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 Subsistema de producción (Autor).....	13
Ilustración 2. Elementos de un modelo de simulación. (Autor).....	23
Ilustración 3. Aplicaciones de la simulación. (Autor).....	30
Ilustración 4 Tipos de software de simulación (Software, 2021).....	33
Ilustración 5. Interfaz del software Arena. (Automation, 2021).....	36
Ilustración 6. Módulos de flujo. basic process. (Bradley, 2007).....	39
Ilustración 7. Módulos de datos. (Bradley, 2007).....	41
Ilustración 8. Módulos adicionales de flujo. (Bradley, 2007).....	43
Ilustración 9. Interfaz del Software PROMODEL. (Corporation, 2021).....	47
Ilustración 10. Elementos básicos del Software PROMODEL. (Autor).....	50
Ilustración 11. Interfaz del Software FLEXSIM. (together, 2021).....	53
Ilustración 12. Componentes del Software FLEXSIM en la industria 4.0 (Autor).....	56
Ilustración 13. Sistemas productivos y la simulación (Autor).....	74

Tabla de tablas

Tabla 1. Definición de los sistemas de producción (UNEA, 2019).....	14
Tabla 2. Diferencias de sistemas de Producción.....	15
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la simulación. (Autor).....	27
Tabla 4. Definición de los elementos de Software Arena (Higuera Obregon, 2011)	44
Tabla 5. Diferencias entre los Software (ARENA, PROMODEL Y FLEXSIM).(Autor).....	69

RESUMEN

En la actualidad existen diferentes herramientas digitales utilizadas para optimizar procesos productivos y mejorar la competitividad, dentro de esas herramientas encontramos softwares de simulación que permiten modelar sistemas productivos del mundo real con el propósito de visualizar resultados que se puedan obtener cuando estos sucedan.

Este trabajo tiene un enfoque cualitativo ya que se basa en una investigación de diferentes temas relacionados entre sí, basándose en diversos autores para obtener conceptos claros que conlleva hacer un análisis deductivo de los mismos, con el fin de comparar ciertos temas y llegar a conclusiones favorables que nos permitan entender el propósito de los mismos.

El objetivo es analizar los sistemas de producción mediante el uso de herramientas digitales orientados a la simulación de procesos, indagando en diferentes temas y campos, para comprender conceptos y demás generalidades sobre sistemas de producción, simulación, definiciones, aplicaciones, ventajas y desventajas, herramientas digitales, softwares de simulación, entre otros, que permiten tener conceptos claros y poder analizar los softwares de simulación más usados como son Arena, ProModel y Flexsim además de su impacto actual, diferencias, similitudes y análisis de estos con los sistemas de producción.

El propósito del análisis es encontrar la relación entre los softwares de simulación y su impacto actual, así mismo los sistemas de producción con el uso de herramientas digitales y softwares de simulación, basándose en sus características y de más factores para llevar a cabo dicho análisis y poder concluir el impacto de este en el mundo actual

Palabras clave: herramientas digitales, sistemas de producción, simulación, softwares de simulación

ABSTRACT

Currently there are different digital tools used to optimize production processes and be competitive day by day, within these tools we find simulation software that allows modeling production systems in the real world in order to visualize results that can be obtained when they happen.

This research has a qualitative approach since it is based on an investigation of different interrelated topics, relying on different authors to obtain clear concepts that entails making a deductive analysis of them, in order to compare certain topics and reach favorable conclusions that allow us to understand their purpose.

The objective is to analyze production systems through the use of digital tools oriented to the simulation of processes, investigating different topics and fields, to understand concepts and other generalities about production systems, simulation, definitions, applications, advantages and disadvantages, tools simulation software, among others, that allow to have clear concepts and to be able to analyze the most used simulation software such as Arena, ProModel and Flexsim in addition to their current impact, differences, similarities and analysis of these with production systems.

The purpose of the analysis is to find the relationship between the simulation software and its current impact, as well as the production systems with the use of digital tools and simulation software, based on their characteristics and more factors to carry out said analysis and to be able to conclude the impact of this in the current world.

Keywords: digital tools, production systems, simulation, simulation software

1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción se enfocan en las diferentes maneras de producir un bien o servicio, hay empresas que hacen uso de ellos para llevar un control y una producción estandarizada de sus productos, mediante la evolución de las revoluciones industriales este método de producción se fue automatizando con el fin de ser más efectivos y aumentar la productividad de las empresas que hoy en día se enfrentan a desafíos dentro del entorno que exigen más competitividad y conectividad con diferentes herramientas digitales para optimizar los procesos, manteniendo la calidad de los productos y servicios; por tan motivo la simulación se convierte en la aleada ideal durante este proceso para emular sistemas ayudando a resolver problemas y dar soluciones que beneficien el futuro de las empresas, además ayudan a implementar nuevas tecnologías que permiten un desarrollo optimo a la hora de analizar plantas y procesos productivos.

La simulación es una técnica que siempre ha sido utilizada en diferentes campos y que gracias a la evolución de la tecnología se ha ido desarrollando logrando un impacto en diferentes empresas actuales, implementando herramientas digitales como softwares de simulación orientados a objetos discretos que ayudan y facilitan el diseño y modelización de diferentes sistemas productivos que buscan mejorar las utilidades aprovechando los recursos limitados de la empresa para optimizar el proceso.

Los softwares de simulación tienen como propósito diseñar, analizar y buscar soluciones optimas desde diferentes escenarios del modelo bajo estudio, permitiendo realizar modificaciones sobre el sistema modelado, desde diferentes escenarios para optar por el mejor y predecir posibles situaciones a las que se puede exponer la empresa dependiendo de los cambios

en el entorno, ya sea demanda del producto o servicio u cualquier otra situación en el futuro. A través de este trabajo se hace una breve descripción de los tres softwares de simulación más usados por diferentes empresas en la actualidad, como lo son Arena, Flexsim y ProModel, partiendo desde su origen, ventajas, aplicaciones y de más generalidades que permiten tener una visión general de cada uno de los softwares, con el fin de relacionarlos entre sí, mediante sus características y sus campos de aplicación, logrando un análisis de los mismos.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Sistema De Producción

Un sistema se define como un conjunto de reglas y procesos relacionados entre sí para conseguir un determinado objetivo; un sistema puede ser una empresa compuesta por sus diferentes departamentos como subsistema, ya que ellas adquieren recursos a través de sus entradas para procesarlos y transformarlos en productos finales. (Group, 2018)

Los sistemas de producción son un conjunto de materiales que reciben una transformación para obtener un bien o servicio. Un sistema de producción está conformado por la entrada de materia prima, proceso de transformación y salida de productos que se muestran mejor a continuación en la ilustración 1.



Ilustración 1 Subsistema de producción (Autor)

El objetivo de un sistema de producción es alcanzar una alta productividad de bienes y servicios con menores costos, esto se logra gracias a la buena estructura del proceso, desde la recepción de materiales, procedimientos y normas, hasta el producto final.

Las empresas tienen diferentes sistemas de producción, esto se debe al producto o servicio que ofrecen, a la cantidad de producción, demanda del producto, calidad y proceso del mismo, entre otros factores que hacen que las empresas usen un sistema de producción que se adapte al

flujo de proceso que manejan. Por eso existe la producción por trabajo, producción de flujo continuo, producción en masa y producción por lotes. A continuación, vamos a definir los diferentes sistemas de producción en la tabla número 1.

Tabla 1. Definición de los sistemas de producción (UNEA, 2019)

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	
Producción por trabajo	Se enfoca en crear un solo tipo de producto por cada proceso, sin seguir un definido flujo operacional; las empresas que utilicen este tipo de sistema deben definir una lista de materia prima y equipos requeridos para llevar a cabo la transformación de los mismos. Por ejemplo, empresas de carpintería y de mas empresas enfocadas en manejar una sola línea de producción
Producción de flujo continuo	Es una producción continua, enfocada en producir sobre un modelo base una cantidad de productos similares de manera constante, para maximizar la productividad y minimizar costos si se llegase a detener o iniciar el proceso. Las industrias que manejen este sistema necesitan de herramienta y tecnología para automatizar el proceso, contando con operarios para que supervisen y sigan el procedimiento. Este sistema de producción es usado por industrias petroleras, gas natural, aceite de palma, azúcar, entre otras.
	Se centra en producir cantidades de productos iguales en una misma línea de fabricación, reiniciando el flujo de producción cada vez que el proceso haya cumplido con el número de productos programados.

Producción en masa Quienes usan este sistema deben tener a la mano material, insumos propios y de más elementos necesarios, adquiridos por diferentes proveedores. Es usado por empresas de bebidas gaseosas como Pepsi y coca cola, entre otras.

Esta producción se centra en la fabricación de una determinada cantidad de productos, siguiendo un modelo durante la transformación de materiales en productos finales. La productividad de la empresa tiene que ver con sus características y requerimientos del mercado, por ello su producción es limitada. Lo utilizan pequeñas y medianas empresas.

2.1.1. Diferencias Entre Los Sistemas De Producción

Tabla 2. Diferencias de sistemas de Producción

Producción por trabajo	Producción de flujo continuo	Producción en masa	Producción por lotes
<ul style="list-style-type: none"> • Crea un solo tipo de producto. • No sigue un flujo operacional 	<ul style="list-style-type: none"> • Producción constante • Trabajan sobre un modelo base, estandarizado • Las entidades deben contar con 	<ul style="list-style-type: none"> • Maneja una línea de producción. • Deben reiniciar el sistema una vez procesadas las cantidades programadas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación estandarizada • Maneja una producción limitada • La cantidad a producir la define la demanda el producto.

<ul style="list-style-type: none"> • Las empresas deben realizar una lista de los insumos y materia prima que va a requerir el producto 	<p>herramientas y tecnología necesaria para automatizar el proceso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es usado por industrias petroleras, gas natural, entre otras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es usado por empresas fabricadoras de bebidas gaseosas como, Coca-Cola y Pepsi 	<ul style="list-style-type: none"> • Es utilizada por PYMES
<ul style="list-style-type: none"> • Es usado por empresas que solo manejan una línea de producción. 			

2.2. Herramientas Digitales

La tecnología comprende la evolución de diferentes métodos o herramientas creadas por la humanidad como medios eficientes para el desarrollo de tareas o actividades presentadas mediante situaciones cambiantes. (Rammert, 2001). Por eso siempre ha estado presente como una serie de conocimientos y técnicas usadas por el hombre de acuerdo a las necesidades de supervivencia y permanecía en el entorno.

A través de la historia, la tecnología ha ido surgiendo mediante los cambios de la humanidad, abarcando etapas significativas, como la revolución industrial, donde se da inicio a innovaciones tecnológicas que permiten un desarrollo social y económico mediante máquinas, métodos y equipos, logrando sustituir las actividades agrícolas o industriales realizadas por el hombre, aportando nuevas formas de organización industrial, transporte y comunicación, fuente de

energía y empleo; aumentando la productividad, eficiencia y efectividad de productos o servicios. (Chaves Palacios, 2004).

El desarrollo tecnológico y empresarial siguió avanzando, debido a los inminentes cambios que generó la revolución industrial, dando así lugar a la revolución digital o tercera revolución industrial, donde se incorporaron nuevas tecnologías, e internet, marcando un periodo de progreso e innovación y transformación para la sociedad en diferentes campos; sosteniendo esa necesidad de mejora permanente. La integración de internet creó un gran impacto, ya que con el desarrollo de esta herramienta se derivaron nuevas herramientas y programas que facilitaron la interacción de las personas con este medio, para desarrollar tareas, comunicarse, transportarse, entre otras actividades, permitiendo la conectividad a nuevas herramientas tecnológicas.

Esta revolución digital es la conexión del ser humano con las nuevas tecnologías que se van desarrollando mediante la interacción del medio con la actualidad (Molero Ayala, 2015). De tal manera que se convierte en un componente necesario de aprendizaje continuo que fortalece habilidades y competencias, facilitando un mejor desempeño entre diferentes medios, ya sea laboral o a nivel personal.

Mediante la evolución de nuevas tecnologías, se han ido creando herramientas digitales para diferentes áreas, con el propósito de agilizar y mejorar la gestión de las empresas, permitiendo más eficiencia y optimización de productos o servicios, aumentando así, la competitividad y permanencia en el mercado; además la visibilidad en internet para encontrar más oportunidades y estrategias que ayuden al crecimiento empresarial y faciliten el contacto con proveedores, clientes y demás entes interesados en buscar información o cualquier producto o servicio que las empresas ofrezcan.

Las herramientas digitales hacen referencia a softwares o programas instalados en dispositivos o computadores que permiten interactuar con la tecnología de una manera más fácil, permitiendo realizar cualquier tipo de actividad, ayudando así a desarrollar habilidades y competencias no solo en personas que utilice dichas herramientas, sino también en empresas o compañías que deseen innovar o cambiar sus estrategias de mercadeo y producción entre otras. (Sánchez & Corral, 2014).

La tecnología de la sistematización ha desarrollado métodos que facilitan la toma optima de decisiones en las empresas, basándose en la emulación de sistemas reales mediante el modelado y simulación de los mismos, a través de softwares que permiten diseñar y modelar procesos productivos de manera sencilla y fáciles de entender. (Bermúdez Correa & Carreño Dueñas, 2011).

En la actualidad las empresas optan por utilizar herramientas cuantitativas con el fin de optimizar y analizar mejor los procesos. Dentro de estas herramientas, se encuentra la simulación que permite modelar cualquier tipo de sistema, con la información existente y sin interrumpir líneas de producción, incluyendo la construcción de un modelo matemático, con el fin de hacer un análisis de sensibilidad de la situación de la empresa o proceso; imitando el comportamiento del sistema desde diferentes ángulos y con diferentes variables; ayudando así a la toma óptima de decisiones empresariales, como, planificación, análisis y mejorar de procesos. Además, es empleada actualmente en ingeniería para el análisis del área productiva y utilizada para representar procesos reales; Permitiendo hacer modificaciones del sistema bajo estudio, realizando observaciones que indiquen cuellos de botella u otro problema que este presentando el sistema, para así sugerir estrategias que mejoran la eficiencia y productividad del proceso. (Puche Forte, y otros, 2005).

2.2.1 Herramientas Digitales Orientadas A La Simulación

Las herramientas digitales son paquetes o programas informáticos que están en dispositivos tales como computadores, maquinas, celulares y de más aparatos tecnológicos.

El conjunto de herramientas para la evaluación de sistemas productivos, comprende herramientas básicas y avanzadas, como: diagramas de flujo, histogramas, diagramas de gráfico y control, métodos estadísticos, entre otros, que ayudan al análisis de proceso; entre las técnicas implementadas para tal fin, la simulación puede ser un método adecuado para analizar y visualizar sistemas productivos de alta y mediana complejidad (Ricondo, 2013)

La simulación es una técnica representada mediante un modelo que puede ser manipulado para obtener resultados y así mismo estudiado para observar el comportamiento de un sistema; puede utilizarse con diferentes fines como transporte, educación, entre otros. (Sanchez, 2015).

Las herramientas digitales orientadas a la simulación se componen de softwares que permiten modelar, analizar y visualizar diferentes procesos productivos, mediante herramientas que facilitan el diseño y comprensión y modelado de cualquier sistema. Además, ayudan a la optimización de procesos, haciendo que las empresas sean más competitivas y enfrenten situaciones que se pueden presentar en el entorno de la modernización o digitalización de la cuarta revolución industrial.

Existen diferentes herramientas de simulación que en la actualidad se convierte en grandes aliados de las pequeñas y grandes empresas para analizar el comportamiento de sistemas y evaluar los fallos que estos presenten, mediante la variedad de productos que esta posee como, amplia librería de elementos de manufactura e interfases graficas para diseñar y modelar procesos en tres dimensiones controlando el tiempo existente. (Per, 2013)

2.3. Simulación

La simulación consiste en imitar diferentes acciones mediante un modelo basándose en la situación del sistema real, para analizar detalladamente procesos y proponer posibles mejoras que le ayuden aumentar la productividad. A continuación, vamos a nombrar algunos autores y su definición sobre la palabra simulación. (Coss Bù, 1993)

Thomas H. Naylor definen la simulación como un modelo matemático llevado a cabo mediante un computador electrónico para evaluar y analizar el comportamiento y distribución de procesos productivos del mundo real en periodos de tiempo extendidos.

Robert E. Shannon, dice que la simulación es el proceso de crear y llevar a cabo un modelo automatizado de un proceso para realizar varias experimentaciones sobre el mismo, con el propósito de conocer a fondo el comportamiento o evaluar alternativas que se puedan aplicar al sistema bajo estudio.

En conclusión, la simulación es una técnica que busca crear un modelo de algún sistema real, con el fin de analizar su comportamiento e identificar fallas que puedan estar afectando la productividad, así mismo permite diseñara alternativas de mejora que ayudan a la empresa ahorrando costos y tiempos.

La simulación evoluciono a mediados de los años 40, gracias a la creación de los primeros computadores de propósito general ENIAC (computador e integrador numérico electrónico); el desarrollo de dichos computadores, dio paso a la simulación digital y analógica que antiguamente se hacía sin computadora, mediante representaciones físicas de algunos objetos en forma idealizada o en diferentes escalas; por ejemplo, experimentando sobre diferentes maquetas lo que podría suceder en la realidad, para estudiar comportamientos bajo diferentes escenarios.

La simulación utilizando un modelo analógico se dio en el año 1949 mediante la creación de la Computadora Analógica de la Renta Nacional Montería (MONIAC), usada por el Reino Unido para figurar su modelo económico nacional; debido a este modelo, se impulsó el avance de la simulación en la evolución de la computación digital. Uno de los primeros estudios de la simulación, fue un simulador de vuelo de una aeronave, utilizado para el entrenamiento de pilotos. La simulación digital empezó a desarrollarse mediante el lenguaje binario o lenguaje de máquina, que posteriormente se complementó con lenguajes de programación más avanzados, como Fortran y el Algol. (LLIram Ruiz, Martínez Alvarez, & Monroy Alvarado, 2006).

2.3.1 Modelos De Simulación

Existen diferentes modelos de simulación que permiten experimentar sobre modelos reales de diferentes tipos. Hay modelos físicos y modelos matemáticos.

Se le conoce como modelos físicos a una guía de objetos reales representada mediante una maqueta que sirve como referencia para analizar el comportamiento de aspectos sobre dicho modelo, por ejemplo, líneas aéreas comerciales.

Los modelos matemáticos se representan a través de ecuaciones o funciones matemáticas para analizar la relación entre variables. A continuación, se van a describir los diferentes modelos de simulación, según (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006)

Modelos continuos: están representados mediante ecuaciones diferenciales, que permiten conocer el comportamiento de variables relevantes de la situación analizada, en un ciclo de tiempo continuo.

Modelos discretos: en este modelo, se analiza el comportamiento de variables en un punto determinado, por ejemplo, el muestreo de las personas que ingresan a un restaurante en una hora explícita.

Modelos dinámicos: en este modelo cambia el estado del sistema con respecto al tiempo.

Modelos estáticos: también conocido como simulación de Monte Carlo. En este modelo el resultado de la simulación está sujeto a condiciones o situaciones determinadas.

Modelos determinísticos: relación constante entre los diferentes cambios que presentan las variables del modelo, por lo tanto, mismas entradas o condiciones iniciales van a ser las mismas salidas o resultados.

Modelos probabilísticos o estocásticos: en este modelo se analiza la forma que pueda tomar una unión de datos obtenidos de muestras aleatorias.

2.3.2 Elementos De Un Modelo De Simulación.

La simulación de sistema es una representación analítica mediante un conjunto de herramientas matemáticas e informáticas que permiten evaluar y analizar el cambio de variables, así como los diferentes elementos que conforman el modelo de simulación, expuestos en la ilustración 1, según. (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006)

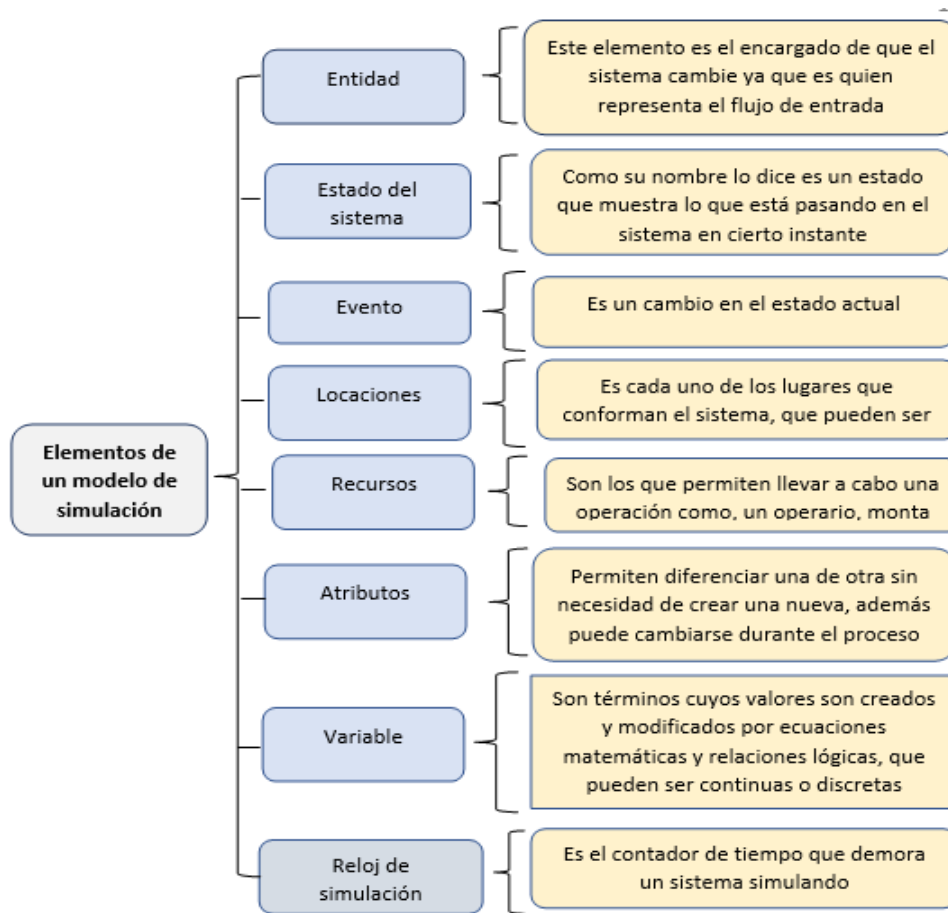


Ilustración 2. Elementos de un modelo de simulación. (Autor)

En la ilustración anterior encontramos los elementos básicos para llevar a cabo un modelo de simulación que nos permite tener un enfoque claro del modelo a realizar, debido a la relación que dichos elementos tienen con el diseño para entender mejor el comportamiento del sistema emulado y lograr un análisis detallado del mismo que nos muestre la problemática del sistema bajo estudio para poder dar soluciones óptimas.

2.3.3 Etapas Para Realizar Un Estudio De Simulación

El desarrollo de un estudio de simulación requiere del análisis de una serie de pasos que debemos seguir para tener éxito en el proceso al simular. A continuación, vamos a describir

dichos pasos tomando como referencia: (Garcia Dunna, Garcia Reyes, & Cárdenas Barrón, 2013).

Definición del sistema bajo estudio: esta etapa consiste en estudiar y analizar el origen de la simulación, con el fin de conocer el sistema a modelar y establecer los supuestos del modelo, identificando los objetivos y variables de decisión; con el fin de determinar la relación entre ellas y crear con exactitud los alcances y limitaciones que se podrían generar.

Generación del modelo de simulación base: como su nombre lo dice, se crea un modelo teniendo en cuenta las especificaciones y resultados que se desean alcanzar; las variables aleatorias y su respectiva distribución se pueden ir agregando a medida que va avanzando el modelo.

Recopilación y análisis de datos: se compila información estadística de las variables del modelo para relacionarlas con la creación del modelo base; para poder definir con exactitud las distribuciones de probabilidad asociadas a dichas variables.

Generación del modelo preliminar: se une la información recopilada de acuerdo al paso anterior y demás datos necesarios para crear un modelo semejante al real.

Verificación del modelo: se verifica el modelo para ver que cumpla con las especificaciones del sistema que se está analizando

Validación del modelo: este proceso consiste en evaluar la relación entre el sistema real y el simulador mediante pruebas sincrónicas con información real para analizar su respectivo comportamiento y resultados. Si el modelo bajo estudio requiere hacerle una mejora a un

proceso, se debe experimentar con las condiciones reales de operación del sistema, de esta manera obteniendo como resultado final similitudes entre ellos.

Generación del modelo final: en esta etapa de generación se lleva a cabo la realización de la emulación del sistema y en conjunto se interpreta el comportamiento de dicho sistema al cual se le aplica el correspondiente estudio del modelo, todo esto con el fin de cuando llegue el momento de la toma de decisión se pueda definir los escenarios más viables para su respectiva ejecución.

Determinación de los posibles escenarios necesarios para el análisis: esta etapa consiste en definir los diferentes escenarios a analizar, en donde podemos encontrar los escenarios más comunes para este tipo de etapa como lo son; los escenarios pesimistas, optimistas inicialmente, además se cuenta con un escenario intermedio. Todo esto con el fin de analizar diferentes variables de respuesta frente a diferentes situaciones, debido a que no todas las variables se comportan de la misma manera en los diferentes escenarios. En la actualidad hay software que incluyen en sus sistemas paquetes de simulación que cuentan con herramientas que permiten analizar el proceso en cada uno de los escenarios posibles con el fin de lograr una reducción en términos económicos y de igual manera obtener resultados óptimos para la toma de decisiones.

Análisis de sensibilidad: esta etapa consiste en realizar pruebas estadísticas con los resultados obtenidos de las situaciones optimistas, pesimistas e intermedias planteadas en la etapa anterior, con el fin de relacionar los resultados finales de mayor relevancia, teniendo en cuenta que, si llegan a ver resultados similares en este análisis, se deben comparar los resultados finales similares con un intervalo de confianza. En el caso de no presentarse una relación de intervalos esto significaría que los resultados son diferentes y se podrían diferenciar las

correspondientes soluciones cual es la mejor, pero en el llegado caso de que los resultados se llegaran a sobreponer, no se podrá definir estadísticamente que solución es la mejor, por esta razón es necesario la realización de más simulaciones en cada modelo o en su lugar también se puede lograr el mismo resultado solo con incrementar el tiempo de simulación para poder diferenciar las soluciones.

Documentación del modelo, sugerencias y recomendaciones: una vez se haya culminado con el análisis de resultados en conjunto de cada una de las etapas anteriormente mencionadas, se encuentra la última etapa para la realización de un estudio de simulación eficiente, la cual es la etapa donde recopilamos y organizamos de forma estructurada en un solo documento toda la documentación de los resultados de las etapas, con el fin de desarrollar el modelo, permitiendo realizar cambios requeridos del mismo a futuro.

2.3.4 Beneficios Y Desventajas De La Simulación

La simulación es una de las mejores herramientas para el análisis de sistemas productivos o servicios, ya que con sus resultados facilita la toma optima decisiones sobre los diferentes problemas encontrados mediante la emulación de los mismos, proponiendo alternativas de mejora continua que simplifiquen o eliminen dichos problemas para aumentar la productividad y eficiencia del proceso modelado, permitiendo que las empresas optimicen sus procesos productivos.

A continuación, en la tabla 3 se identifican las ventajas y desventajas que ofrece la simulación, según (Garcia Dunna, Garcia Reyes, & Cárdenas Barrón, 2013).

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la simulación. (Autor)

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Permite conocer y visualizar los cambios que se pueden presentar en un proceso sin necesidad de plasmarlos en la realidad. • Capacidad para entender un sistema sin necesidad de construirlo y modificarlo. • Identificación permite y mejoras de las limitaciones del proceso • Permite analizar el comportamiento de las variables bajo diferentes escenarios, en busca de obtener mejores resultados. • Permite representar el proceso de forma animada incluyendo cambios que se puedan utilizar para mejorar el proceso • Llevar a cabo un estudio de simulación es más económico que realizar diferentes cambios en el proceso real. • Permite dar solución a sistemas complejos • Permite analizar estrategias para la óptima toma de decisiones 	<ul style="list-style-type: none"> • El estudio de simulación requiere tiempo suficiente (meses), para modelar y simular cualquier sistema, debido a que este proceso es demorado y no todas las empresas están dispuestas a una espera que puede traer consecuencias si necesitan soluciones rápidas. • Aunque la simulación es una técnica muy amplia y se puede utilizar para analizar diferentes problemas, esta puede ser costosa si se usa para simular problemas sencillos.

-
- es de fácil aplicación, ya que los paquetes de software de simulación vienen diseñados para ser fácil y entendible.
 - Permite medir el tiempo parcial del proceso de las actividades que no crean valor adicional, como: retención e inspección y colas.
- No cualquier persona tiene la capacidad de realizar un estudio de simulación, ya que se requiere que el analista tenga un amplio conocimiento del software de simulación, además de probabilidad y estadística para que interprete los resultados.
-

2.3.5 Aplicaciones De La Simulación

La simulación es aplicada en diferentes áreas, gracias a la capacidad de análisis que tiene para desarrollar cualquier modelo, buscando soluciones optimas de mejora continua para aumentar la productividad, ser más eficientes, reducir tiempos, costos y demás factores que ayuden al mejoramiento de instituciones, empresas y diferentes compañías que la utilizan como medio de solución de problemas. (Alvarez & Garcia, 2005)

- Creación y análisis de diferentes sistemas, como: manufactura, telecomunicaciones, transporte terrestre, marítimo o por aire, logística, inventarios, distribución, líneas de ensamble, entre otros.
- Análisis de proyectos de inversión

- Análisis y diseño de entidades prestadoras de servicios, como: hospitales, callcenter, oficina de correos, bancos, restaurantes, etc.
- Evaluación de diferentes sistemas industriales.
- Educación
- Mercadeo y ventas
- Gestión de sistemas
- Solución de ecuaciones diferenciales parciales
- Solución de proceso empresarial.
- Diseño, modelación, análisis y ejecución de las diferentes distribuciones de planta
- Toma optima de decisiones y mejora continua de proceso o servicios
- Simulación de problemas comerciales y económicos, como: determinación de precios, conducta de los clientes, procesos de mercadeo, planes de desarrollo y políticas de balance de pagos, predicciones económicas, entre otros.
- Emulación de sistemas biomédicos.
- Simulación de estrategias y técnicas de guerra

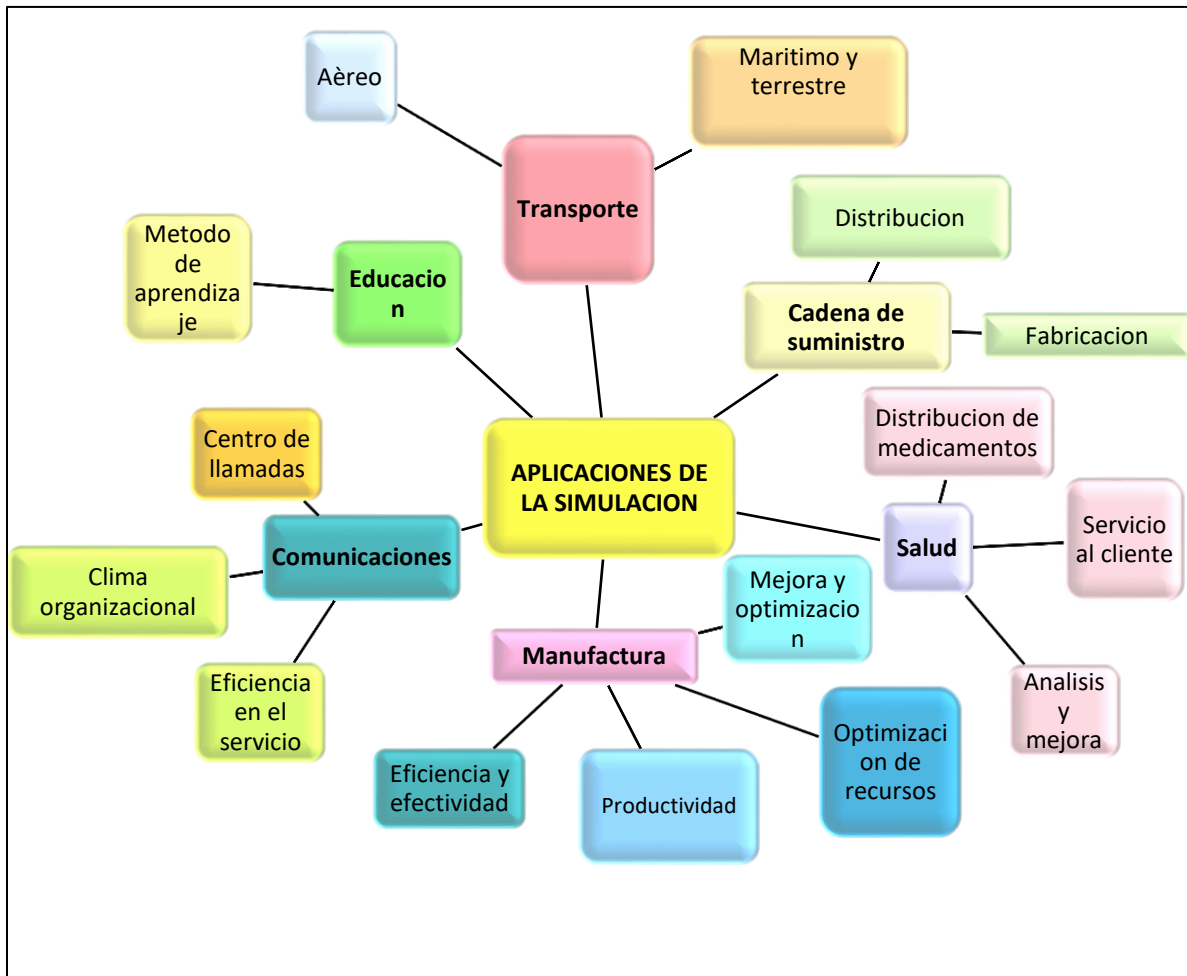


Ilustración 3. Aplicaciones de la simulación. (Autor)

En la actualidad la simulación es una herramienta utilizada por diferentes empresas como estrategia de mejoramiento y competitividad entre el ámbito industrial, debido a la eficiencia y efectividad que tiene a la hora de simular diferentes sistemas de producción; en la anterior ilustración, se observan algunas de las aplicaciones más comunes que aplican la simulación como un método de optimización para diferentes procesos productivos y de servicio.

2.4 Software De Simulación

Un software es un conjunto de programas instalados en un dispositivo que permite desarrollar determinadas tareas; por tanto, un software de simulación es un programa el cual nos permite

crear modelos de proceso reales para después poder evaluar el comportamiento de los mismos, todo esto mediante una emulación sobre diferentes escenarios del sistema que se está analizando, con el fin de obtener resultados óptimos y detallado que tengan un alto porcentaje de ejecución y así mismo tomar decisiones optimas en pro de la empresa.

La simulación de procesos es una herramienta fundamental dentro de la ingeniería industria, ya que su objetivo es mejorar y aumentar la eficiencia del proceso, permitiendo realizar simulaciones de cualquier proceso antes de llevarlo a la vida real. los resultados de estas emulaciones son analizados para tomar la mejor decisión y ponerlas en marcha en un futuro.

Los softwares utilizados para el desarrollo de modelos de simulación se clasifican dependientemente de sus lenguajes de programación de uso general, lenguajes de simulación y por último en los entornos de simulación en donde se comprenden diversos productos que se diferencian entre si de una manera u otra, debido a que presentan diferentes características como: los costos, el área de aplicación y tipo de animación. Los entornos de simulación poseen un lenguaje de programación de simulación, pero solo unos pocos adoptan un enfoque más gráfico y similar al diagrama de flujo de procesos, como es el caso del software de simulación Arena; además encontramos muchos más paquetes de simulación que incluyen módulos de optimización netamente basados en métodos de mejora debidamente desarrollados. De la misma manera nos ofrecen soportes generales y detallados para un análisis estadístico, estos entornos de simulación brindan una gran cantidad de datos con soporte para la evaluación de los datos de entrada y salida asociados por los análisis, definición de escenarios, gestión y ejecución. (J. Banks, 2011)

Los softwares de simulación ayudan a predecir el comportamiento de un proceso; dichos softwares se pueden utilizar para diseñar, analizar, evaluar diferentes sistemas de producción y servicios. Identificando cuellos de botella u cualquier otro problema que esté presente interrumpiendo líneas de producción en una empresa. La emulación de procesos, se desarrolla a través de simuladores de eventos discretos que permiten simular el comportamiento de un sistema de manera estructurada con el fin de observar cambios en ciertas secuencias determinadas. (Ricondo, 2013)

Los softwares de simulación son usados para diseñar modelos de productos con el propósito de que el modelo final se asemeje o sea igual a las descripciones usadas en el diseño, para no generar costos agregados ni desperdiciar recursos, en caso de que el modelo no quede parecido al existente; también son usados para crear ambientes de practica similares a la realidad para obtener experiencia mediante preparaciones sin riesgo, ya que los errores del operario generan un alto costo, por ende, se acude a la simulación para evitar que sucedan dichas eventualidades; por ejemplo, se utilizan para que los pilotos de aviones entrenen sin riesgos a través de este programa; además, son usados para demostrar nuevas hipótesis en el campo investigativo con el fin de estudiar las posibles teorías encontradas, mediante el programa el cual permite probar la veracidad de los datos obtenidos bajo un alto grado de confianza. La simulación ha conseguido ser implementada en diferentes sectores gracias a los avances tecnológicos que permiten que los softwares sean actualizados constantemente y puedan simular procesos complejos como, por ejemplo, distribución de energía eléctrica, condiciones meteorológicas y de más sistemas, logrando que la simulación sea usada en diferentes campos. (Software, 2021)

2.4.1 Tipos De Software De Simulación

Aunque todos los softwares de simulación cumplen con el mismo objetivo, estos poseen características específicas de acuerdo con el tipo de simulación para el que están diseñados. A continuación, se describen los tipos de softwares en la ilustración 5.

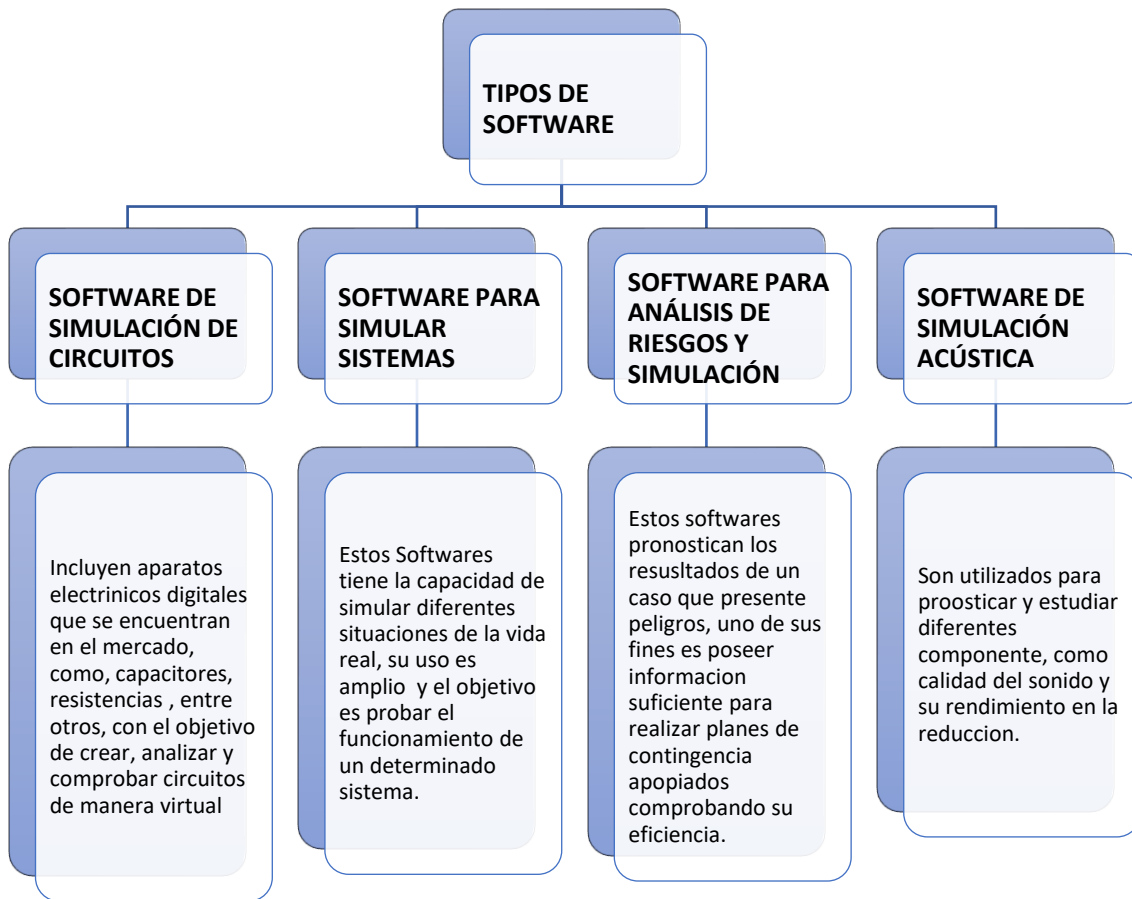


Ilustración 4 Tipos de software de simulación (Software, 2021)

Como se pudo evidenciar en el gráfico anterior, los softwares de simulación tienen diferentes propósitos, debido a los diseños de simulación que cada uno de ellos puede modelar y simular, el simulador de circuitos solo está diseñado para emular sistemas complejos de energía, los

simuladores de sistemas son capaces de desarrollar diferente proceso, mientras que los acústicos y análisis de riesgos solo pueden pronosticar sonidos y tiempos climatológicos.

Los softwares de simulación han evolucionado de manera significativa que hoy en día las empresas cuentan con su propio programa o adquieren uno de diferentes compañías, debido al inminente cambio tecnológico que consiste en cambiar la forma en la que las empresas trabajan para automatizarlas y hacerlas más competitivas debido al entorno cambiante.

La Industria 4.0 es la evolución de fábricas actuales a Smart fábricas, que incluyen una automatización completa mediante sistemas y bases de datos controlados que permiten analizar y obtener información específica, acerca de las exigencias del nuevo mercado; la tecnología de la Industria 4.0 permite que el funcionamiento sea más eficiente en todos los aspectos, abordando y superando retos de la industrialización competitiva. (López, 2001) en términos conceptuales la Industria 4.0 hace referencia a la fábrica inteligente y todo su entorno empresarial que conforma el modelo de negocio.

La Industria 4.0 tienen unos pilares, como Big Data, Internet de las cosas, entre otros, que le permiten la modernización en grandes empresas; dichos pilares son componentes que permiten valorar la productividad de una compañía, incluyendo conceptos de dicha tecnología, que agilizan los procesos y facilitan una conectividad más amplia en el mundo industrial. (Robotics, 2020).

Los pilares de la cuarta revolución industrial se integran con softwares y dispositivos para aumentar la productividad de las empresas, así como el servicio y satisfacción del cliente. Además de dichas tecnologías como aliadas para la automatización de procesos industriales, el

software que consiga implementar una o varias de ellas, tendrán un auge en el mundo empresarial. Por otra parte, la manufactura comprende el proceso de fabricación, que anteriormente se desarrollaba de manera manual, pero debido a las nuevas tecnologías, la fabricación paso a ser mecanizada y automatizada, posesionándose en el entorno industrial, debido a los procesos recientes capaces de enfrentar desafíos, requisitos y limitaciones requeridas por los mercados cambiantes.

Los softwares de simulación son herramientas esenciales dentro de la industria moderna, ya que permiten predecir el funcionamiento de diversos sistemas mediante la inteligencia artificial que integra técnicas para emular de manera precisa cualquier procedimiento con el fin de mejorar e innovar y permanecer en el mercado.

2.4.2. Software De Simulación Arena

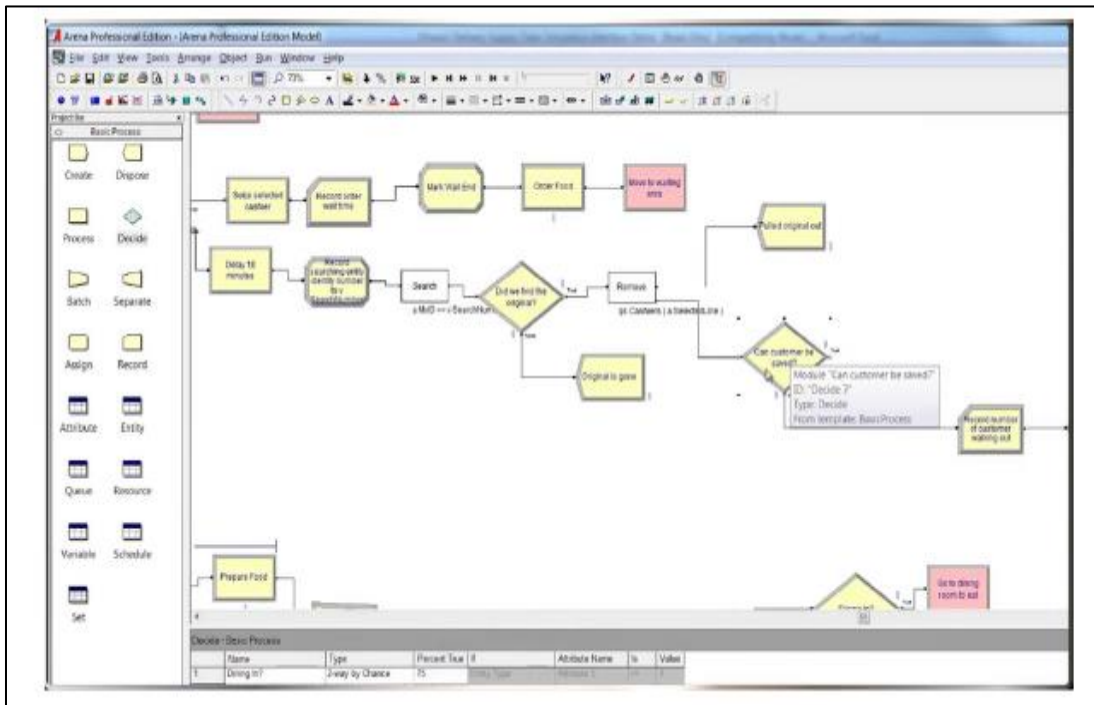


Ilustración 5. Interfaz del software Arena. (Automation, 2021)

Arena tiene sus orígenes en el año 1982, debido a la publicación de Dennis Pegden acerca de un lenguaje de simulación para emular procesos de manufactura a través de un computador, este programa contaba con componentes para emular dichos procesos, los cuales hacían que el lenguaje sirviera para representar sistemas de mayor complejidad eficientemente. Pero solo en el año 1993 fue introducido como el sistema de modelamiento Arena, el cual permitía crear modelos mediante ambientes gráficos e interactivos, permitiendo emular situaciones definidas en diferentes sistemas productivos. Arena es una aplicación que trabaja bajo el sistema operativo de Windows, diseñada para ser empleada en todas las funciones de sistemas productivos, mediante representaciones graficas de los mismos, modelado tipo diagrama de flujo, con el fin de analizar

detalladamente el comportamiento del sistema y optimización de los procesos. (Gómez Cabrera, 2010)

Arena es un simulador basado en diseñar sobre diagramas de flujo, diferentes procesos de manera detallada, facilitando al usuario la elaboración del proceso, validación y experimentación de modelos, a través de las herramientas graficas que posee el entorno de ventanas; con el fin de mejorar procesos existentes y visualizar posibles resultados de los mismos. (Gómez, 2012)

Arena es un programa que puede simular cualquier proceso, gracias a los módulos de diseño que integra un ambiente de trabajo fácil de entender, ayudando a simular de manera explícita modelos de simulación exitosos. (Fábregas Ariza, Wadnipar Rojas, Paternina Arboleda, & Mancilla Herrera, 2003)

Al simular con arena se debe describir el proceso mediante un diagrama de flujo, en el cual se define el proceso como las llegadas. La elaboración del diagrama de flujo hace que el modelo que se vaya a simular sea más entendible y se pueda interactuar más con el programa y con el modelo. El diagrama de flujo se puede construir a partir de una planilla del proceso básico; si este es más complejo, se puede elaborar con una planilla de proceso avanzado, así como de transferencia, dependiendo de las características del modelo. Arena da la posibilidad de trabajar de manera más simple con submodelos, permitiendo que un modelo difícil pueda trabajarse como uno sencillo (Gonzáles Doncel & Torres Vivas, 2005)

El software utiliza el procesador y lenguaje SIMAN, además es posible crear el modelo únicamente con los diagramas de flujo y obtener los resultados esperados, debido a la interfaz gráfica que este maneja; por tal razón es posible elaborar modelos bien ilustrados facilitando la

comprensión de los mismos, ya que incluye animaciones dinámicas que se pueden ver en 2D y 3D y graficas para los diseños estadísticos, además cuenta con la posibilidad de importar dibujos creados por el usuario en otro software, a través de la creación de librerías graficas; recibiendo archivos cad, bmp, jpeg, gif, con el fin de emular mejor el proceso. Por otra parte, algunas de las variables que maneja el software, son creadas por el programa, facilitando la creación del modelo y reduciendo el tiempo de desarrollo; las demás variables que se deseen utilizar, son creadas mediante el módulo variable de la librería de Basic Process creando la opción de poder ser mostradas en el reporte de estadísticas del modelo. (González Doncel & Torres Vivas, 2005)

El software de simulación Arena es una herramienta muy utilizada por diferentes empresas como estrategia de mejora continua, debido su amplia funcionalidad en cualquier tipo de proceso, ya sea de producción, logística, atención al cliente, fabricación, entre otros; permitiendo crear el modelo del sistema analizar de manera gráfica, a través del uso de una serie de módulos; además cuenta con dos programas de apoyo para un mejor análisis de resultados facilitando pruebas para determinar ajustes a distribuciones, correlación de datos de entrada, entre otros. Estos programas son: Input y Process Analyser.

2.4.2.1. Módulos Del Software Arena

Los módulos son elementos principales, que determinan el diseño del sistema a simular; dichos módulos están contenidos en la barra de proyectos, facilitando el diseño del sistema bajo estudio. Los módulos están divididos en tres formas básicas, las cuales se van a describir brevemente a continuación. (Bradley, 2007)

2.4.2.1.1. Módulos De Flujo. Basic Process

Son módulos básicos que Describe el proceso como tal mediante de una serie de pasos que le van dando una estructura al modelo que se va analizar. En la ilustración 5 se muestran los módulos más usados para la creación de procesos.

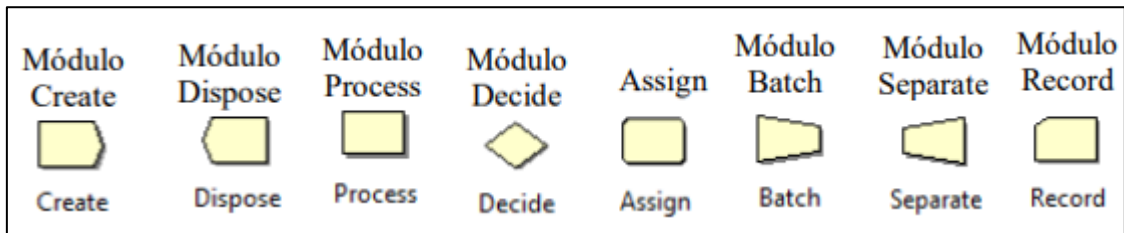


Ilustración 6. Módulos de flujo. basic process. (Bradley, 2007)

Módulo Create: representa el arribo de las diferentes entidades, así como el tipo de entidad del que se trata en el modelo de simulación. Dichas entidades se crean mediante la organización del tiempo entre llegadas; se puede usar para iniciar una línea de producción o llegada de un cliente. Además, tiene diferentes parámetros que ayudan a identificar el modelo, como el nombre, tipo de entidad, tipo de flujo de llegada, medida de distribución, entre otras.

Módulo Dispose: representa la finalización de entidades en un proceso de simulación, el programa va registrando las estadísticas antes que la entidad salga del modelo; este módulo se puede usar para finalizar un proceso, dar por terminado un servicio, entre otros. Además, cuenta con parámetros para identificar datos y estadísticas de entidades próximas a entrar en el modelo.

Módulo Process: como su nombre lo dice, hace referencia al procesamiento de la simulación; dispone de opciones para liberar y ocupar un recurso y definir un submodelo junto con la lógica estructurada por el analista; además se le puede añadir a la entidad el tiempo del proceso, como,

transferencias, espera u otros. Este módulo puede usarse en el mecanizado de una parte, rellenar órdenes, servir a un cliente, entre otras. Al igual que los demás módulos tiene parámetros para identificar el tipo de proceso, tipo de distribución, valores mínimos y máximos para distribuciones uniforme, triangular o estándar.

Módulo Decide: permite tomar decisiones de los diferentes procesos dentro de un sistema, apoyada en varias condiciones para tal fin; además cuenta con puntos de salida para entidades verdaderas y falsas, especificando así las condiciones para cada salida. Se utiliza para devolver partes defectuosas para que se vuelvan hacer, envió de clientes prioritarios a procesos dedicados y demás aspectos que implique la toma de decisiones dentro del proceso. Cuenta con parámetros que indican la condición sobre la cual está apoyada la decisión a tomar, además, define las condiciones y los porcentajes necesarios para dirigir entidades de diferentes módulos, valores para definir el porcentaje de entidades enviadas a través de las salidas verdaderas, tipos de condiciones para ser evaluadas, entre otros.

Assign: mediante este módulo se pueden hacer asignaciones de nuevas variables al modelo, además de describir las diferentes variables del sistema, tipos de entidades, atributos de las entidades, figuras de las entidades, etc. puede utilizarse para establecer una prioridad del cliente, cambiar entidades para usarlas una réplica de otro formulario de varias copias, entre otros. Los parámetros definen aspectos a tener en cuenta para ejecutar el módulo, como nombres, asignaciones de valor, tipo de asignación, entre otros.

Módulo Batch: funciona como un mecanismo para agrupar lotes permanentes o temporalmente dentro de los modelos de simulación, los lotes temporales se pueden dividir

mediante el módulo Separator; además dichos lotes se pueden unir mediante el valor de un determinado atributo o la agrupación de un número determinado de entidades ingresadas. Puede usarse para almacenar partes antes de ser procesadas y reensamblarlas, también cuenta con parámetros como métodos para agrupar entidades, salvar valores determinados por el usuario y determina como se agrupan las entidades que arriban.

Módulo Separate: tiene varias funciones, como crear copias de entidades entrantes en varias de las mismas, realizando un número de copias expícito, separar entidades agrupadas, entre otras. Posee parámetros para duplicar la entidad original, distribuir costos y tiempos para entidades replicadas que salen, nombrar atributos y de más parámetros necesarios para llevar a cabo una buena simulación.

Módulo Record: representa el final de entidades en el modelo simulado, pero antes que las entidades se eliminen del modelo, las estadísticas de la entidad quedan registradas.

2.4.2.1.2. Módulos De Datos. Basic Process:

Estos módulos determinan componentes entre los diferentes elementos de un proceso, además permite restablecer variables y valores matemáticas del modelo. En la ilustración 6 se muestran los diferentes módulos de datos empleados en el modelado de procesos.

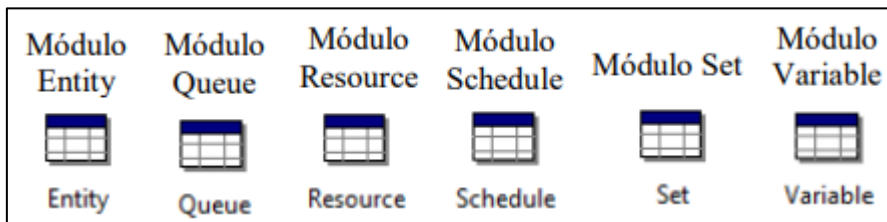


Ilustración 7. Módulos de datos. (Bradley, 2007)

Módulo Entity: define las diferentes clases de entidades, se usa como los elementos que tienen diferentes movimientos dentro del proceso; los parámetros permiten representar gráficamente la entidad al inicio de la simulación, así como el costo de una entidad durante el proceso y el costo inicial asignado a los atributos.

Módulo Queue: se usa para modificar las normas de una determinada cola; que puede ser colas de trabajo en espera de un recurso dentro de un módulo process o unos documentos en espera para compararlos mediante el módulo Batch. Queue tiene diferentes parámetros que definen los tipos de regla de encolado para la cola, así como el atributo que se evaluara para los tipos de atributos más bajos y el valor de atributo más alto, así como el campo de selección para definir si una cola es usada en diferentes partes del proceso que se está analizando.

Módulo Resource: define los recursos dentro de un sistema, incluyendo costos y disposición de los mismos, además define los fallos y estados del recurso; tiene parámetros para determinar su capacidad, identifica el nombre de la organización a usar por parte del recurso, sus costos, estado inicial, entre otros.

Módulo Schedule: ese modulo en combinación con el anterior puede utilizarse para determinar una operación de organización de un recurso o en conjunto con el módulo create para definir la organización de arribos, esto hace referencia a factores en demoras de tiempo durante la simulación; tiene parámetros que definen el tipo de planificación, capacidad de recursos, etc.

Módulo Set: este módulo define varios conjuntos, como recursos, entidades, cuentas, que pueden usarse con más módulos process. Sus parámetros definen el tipo de conjunto, nombre de recurso y de más conjuntos definidos dentro de él.

Módulo Variable: en este módulo precisa la dimensión de las variables con sus valores iniciales, las variables se pueden basar en otros módulos, asignándoles un nuevo valor para emplear en cualquier expresión. Dentro de sus parámetros encontramos nombres de variables a definir, número de filas y de columnas con dimensión, también define el tiempo de variables, lista los valores iniciales de las variables y el valor variables al comenzar la simulación.

2.4.2.1.3. Módulos De Flujo. Advanced Process

En esta sección se encuentran módulos adicionales de flujo y datos para la elaboración del modelo. Que se van a presentar a continuación en la ilustración 8.

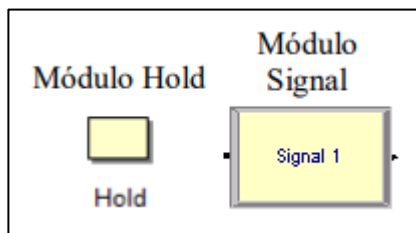


Ilustración 8. Módulos adicionales de flujo. (Bradley, 2007)

Módulos Hold: este módulo se encarga de detener una entidad en una cola hasta que una condición pueda ser veraz o sea retenida por tiempo ilimitado, para posteriormente ser removida con el módulo Remove; Tiene diferentes parámetros en los cuales muestra la lógica del tiempo de espera de la entidad en una cola, código de señal de la misma, entre otros

Módulo Signal: este módulo es el encargado de remitir un valor de señal a cada módulo de retención Hold en el modelo, además cuando una entidad llega al módulo de señal, esta es evaluada junto con el código de señal. Identifica el valor de la señal que envía a las entidades en el módulo de espera y el número de entidades liberadas apenas reciben la señal.

2.4.2.2. Elementos Del Simulador Arena

Los elementos de este simulador, son fundamentales al diseñar un modelo, ya que mediante ellos se definen diferentes parámetros y valores que facilitan la creación de procesos que se deseen analizar a través de este programa. En la siguiente tabla se describen los principales elementos que conforman el simulador Arena.

Tabla 4. Definición de los elementos de Software Arena (Higuera Obregon, 2011)

Elementos	Definición
Entidad	Objeto sobre el que actúa el proceso; pueden ser: pieza, maquinas, documentos, etc. representa elementos dinámicos reales o imaginarios que provocan cambios en el sistema.
Atributo	Son característica de las entidades, representadas con valores definidos para cada una de las entidades; pueden ser: tamaño del producto, hora de llegada, tipo de cliente, entre otras.
Variables (globales)	Conjunto de valores que se pueden modificar o usar para controlar cualquier parte del modelo; hay variables creadas por el sistema y variables creadas por el analista

Recursos	Elemento usado para modelar un área donde hay alguna limitación, y pueden ser representadas como: espacio de almacenamiento, capacidad de equipos, entre otros.
Colas	Espacios de espera de las entidades mientras está disponible un recurso o han sido detenidas por algún problema del sistema
Acumulador de estadísticas	Son variables que se usan durante la simulación para conseguir resultados, se representan variables como: unidades producidas, total de tiempo esperado en cola, tiempo mayor de espera en cola, etc.
Eventos	Es un acontecimiento que puede suceder en tiempo determinado de una simulación, realizando cambios en varios elementos dentro del proceso.
Reloj de simulación	Se refiere al tiempo que demora la simulación siendo ejecutada, este tiempo es diferente del real debido a que la simulación puede ser rápida o demorada.

2.4.2.3. Ventajas De Simular Con Arena

A continuación, se describen algunas ventajas de este simulador tomando como referencia la página web. (Automation, 2021)

- El simular con arena permite responder satisfactoriamente a preguntas como: ¿Qué puede suceder si hacemos este cambio?

- Permite visualizar un sistema y ajustarlo sin necesidad de interrumpir el proceso real
- Ayuda a la optimización de proceso mediante la toma optima de decisiones
- Simular ayuda a reducir o eliminar cuellos de botella.
- El análisis del modelo del proceso permite detectar las variables con más influencia del sistema, ayudando a visualizar el sistema desde diferentes escenarios y así actuar en pro del mismo.
- Estas técnicas de simulación ayudan a determinar problemas y solucionar los mismos.
- Herramienta flexible y fácil de usar
- El modelado reduce el riesgo de grandes inversiones

2.4.2.4. *Aplicaciones Del Software Arena*

El software arena tiene un amplio campo de aplicaciones, siendo la solución líder mundial de eventos discretos; usada como soluciones industriales por diferentes empresas, para optimizar los procesos y servicios. Además, permite que las empresas aborden retos comerciales de manera rápida y rentable, ayudando a diferentes empresas con sus numerosas capacidades, ofreciendo una mayor confiabilidad y ahorro de costos. A continuación, se van a describir algunas aplicaciones de este software tomando como referencia la página web. (Rockwell Automation, 2021)

Fabricación, Salud, Cadena de suministro, Puertos y terminales, Logística, Militar y gubernamental, Embalaje, Centros de llamada, Ventas minoristas, Minería, Educación.

2.4.3. Software De Simulación Promodel

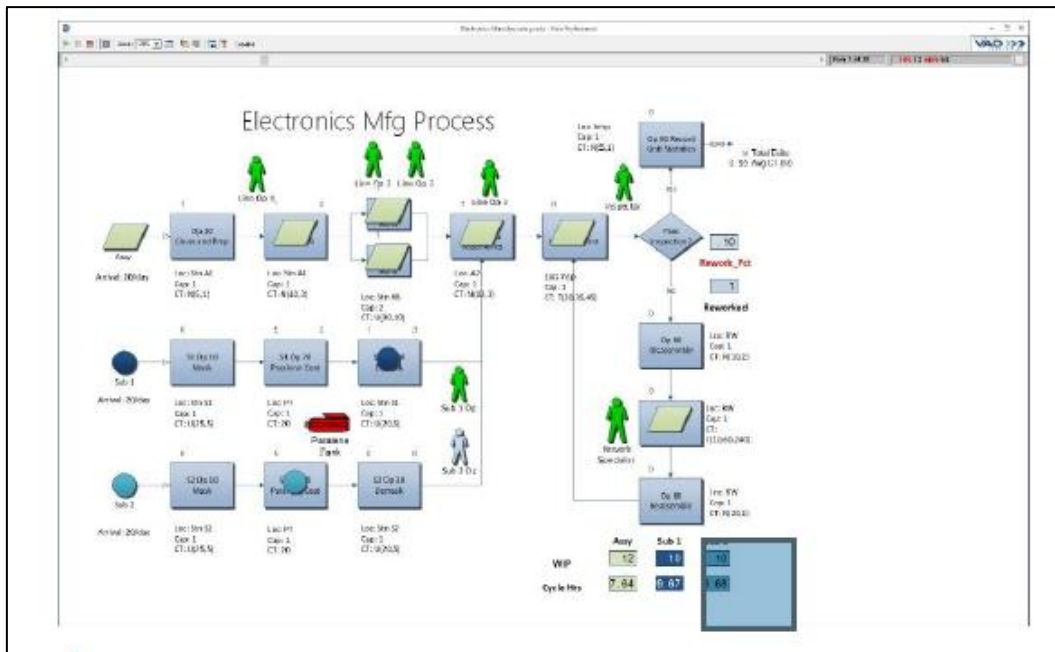


Ilustración 9. Interfaz del Software PROMODEL. (Corporation, 2021)

ProModel fue creado por Charles R. Harrell en el año 1988, después de estudiar e investigar por un programa de simulación que fuera rápido, fácil de usar y con capacidad de modelar virtualmente cualquier tipo de sistema productivo. Antes de fundar ProModel, Harrell trabajo en simulación y diseños de sistemas en la Ford Motor Company y Eaton Kenway Corporation. (Price & Harrell, 1999)

ProModel es uno de los simuladores más usados en el mercado, ya que permiten modelar los sistemas con más claridad y facilidad, pudiendo ver los resultados en 3D con el objetivo de conocer el problema y obtener mejores resultados para la toma optima de decisiones. Además, permite hacer simulaciones de diferentes tipos de sistema, como: ensamble, fabricación y

transformación, transporte, logística, entre otros; también es utilizado para simular sistemas de empresas prestadoras de servicios. (García Dunna, García Reyes, & Cárdenas Barrón, 2006)

El programa cuenta con herramientas que permiten realizar los gráficos del proceso a simular, permitiendo un análisis más detallado del sistema, además, puede construir el proceso en el propio programa o importarlo desde Excel o CSV, también se puede definir el tiempo de simulación con el fin de analizar y evaluar las posibles fallas que haya y si es necesario ampliar el proceso existente o mejorarlo.

ProModel tiene la capacidad para modelar cualquier sistema por complejo que sea, debido a que cuenta con un enfoque intuitivo y sencillo, además, gran parte de los sistemas se pueden modelar eligiendo entre los elementos de modelado que este posee, por ejemplo: tiempo de inactividad, recursos, entre otros. Así mismo, se pueden cambiar los parámetros apropiados, capacidad de programación completa y de más variables que este necesite para modelar diferentes situaciones. De igual manera le facilita al analista seleccionar la mejor distribución estadística para un dato Set, Stat: Fit; Stat Fit está incluido en el programa y se adapta a las distribuciones analíticas de los datos o del usuario, lo que lo hace más sencillo y fácil de usar (Price & Harrell, 1999).

2.4.3.1. Módulos De Promodel

ProModel cuenta con elementos básicos, cada uno de ellos con diferentes herramientas que le permiten al analista realizar un estudio más exacto del modelo a simular. A continuación, una breve descripción tomando como referencia. (Salazar cruz, 2017)

ProModel: en este módulo es donde se define el modelo y sus elementos, además de la programación con la relación entre variables como: contadores, flujos, actividades, relaciones lógicas, entre otras.

Editor gráfico: es el que permite brindar una mejor visualización de los modelos realizados, ya que posee una serie de bibliotecas con diferentes gráficos. Además, cuenta con la capacidad para crear e importar imágenes con el fin de realizar una mejor presentación del problema bajo estudio.

Resultados: este módulo permite visualizar los resultados de todas las variables del modelo mediante una herramienta que facilita el manejo de información y análisis del mismo. Algunas variables que se notifican automáticamente y otras las debe ser solicitadas por el analista.

Stat: Fit. Permite realizar pruebas de bondad de ajuste mediante muestra de datos, con el fin de establecer las distribuciones relacionadas con las variables aleatorias del modelo.

Editor de turnos: permite seleccionar turnos de trabajo en diferentes elementos que lo requieran, como tiempos para que el operario vaya a comer, descansos, entre otros.

Simrunner: es una herramienta que permite analizar detalladamente el modelo terminado mediante pruebas con el fin de identificar las causas presentadas por los diferentes valores de variables aleatorias, entendiendo la relación entre los factores que conlleven a mejorar el sistema.

Referencias y ayuda: ofrecen aportes para que la programación del software sea más sencilla.

2.4.3.2. Elementos Del Simulador Promodel

El software ProModel cuenta con los siguientes elementos para modelar cualquier tipo de sistemas de logística, manufactura, servicios, entre otros; además puede emular talleres, transporte, grúas viajeras, etc. que no requiere programación. Dentro de los elementos básicos encontramos: locaciones, entidades, procesamiento, llegadas, recursos, que se van a describir a continuación en la ilustración 10. (Lican Calderón, 2003)

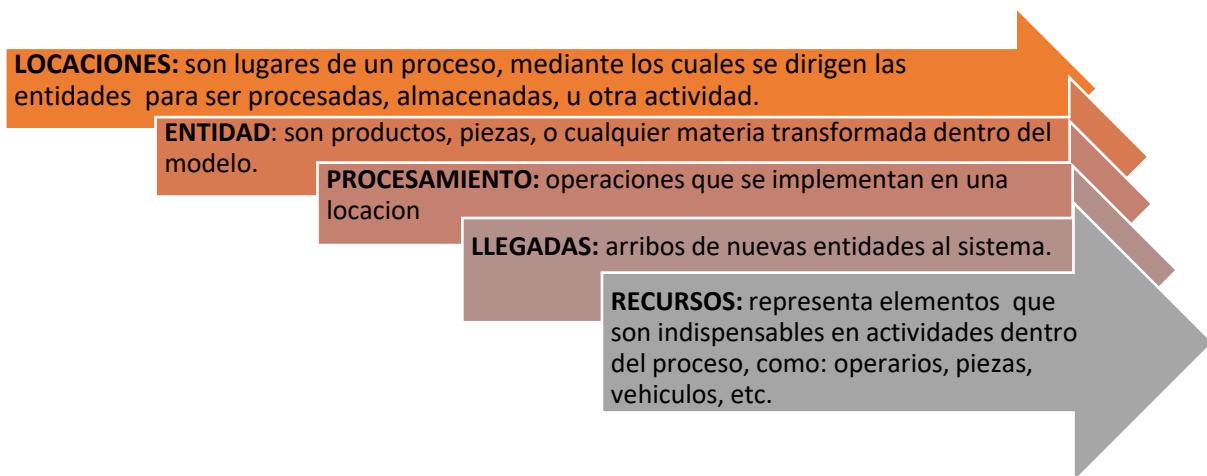


Ilustración 10. Elementos básicos del Software PROMODEL. (Autor)

2.4.3.3. Ventajas De Usar Promodel

ProModel es una herramienta muy utilizada por diferentes empresas, debido a las ventajas o beneficios este que posee. A continuación, beneficios de usar este software. (Corporation, 2021)

- Este software permite simular diferentes sistemas.
- Es fácil de usar ya que no necesita bases solidad de programación lo cual permite un ambiente amigable con el usuario
- se ejecuta con Windows y no necesita un hardware especializado.

- Cuenta con un módulo de optimización, ayudando a encontrar rápidas soluciones.
- Crea modelos de manera rápida, sencilla y flexible.
- Se puede ejecutar en plataforma Windows, compatible con Excel, visual Basic y herramientas Microsoft.
- Puede simular justo a tiempo, servicio al cliente, call center, ensamble, etc.
- Cuenta con soporte técnico 24 horas al día.
- Resultados probados.

ProModel tiene la capacidad de modelar en computador todo proceso de manufactura y simular sobre ellas diferentes submodelos, como Justo a Tiempo, Logística, entre otras; este software además de emular sistemas, optimiza los modelos ingresados.

2.4.3.4. Aplicaciones Del Software Promodel

El software de simulación ProModel es una herramienta tecnológica que trabaja bajo el ambiente Windows para simular analizar y optimizar diferentes procesos. Este software ha sido ampliamente utilizado gracias a su facilidad de uso y flexibilidad para modelar cualquier situación. (Claro, 2013). Según el mismo autor, ProModel tiene aplicaciones en diferentes áreas; algunas de ellas son:

- Estudio y diseño de nuevos procesos.
- Permite minimizar costos de procesos y ciclos de tiempo en almacenes, distribución y logística.
- Reducción en el tiempo de respuestas a los clientes
- Planificación de producción.

- Análisis de costos de producción
- Mejora continua de procesos
- Reingeniería
- Logística y distribución
- Minería
- Transporte
- Aerolíneas para simular la capacidad y programación de vuelos
- Bancos
- Servicio al cliente, call centers
- Lean Manufacturing y seis sigma
- Puertos comerciales e industriales
- Just in time y Kamba
- Salud y educación
- Manufactura y producción,

ProModel es utilizada por empresas como:

Ansell, AHMS altos hornos de México, grupo financiero Banorte, Carrier, Cemex, Exel, Coca-Cola Femsa, Gillette, Hp, Heineken México, IBM, Kodak, Oxxo, Prolec, Siemens, Vitro, del Valle, Mabe, Aeroflash, universidades, entre otras.

2.4.4. Software De Simulación Flexsim

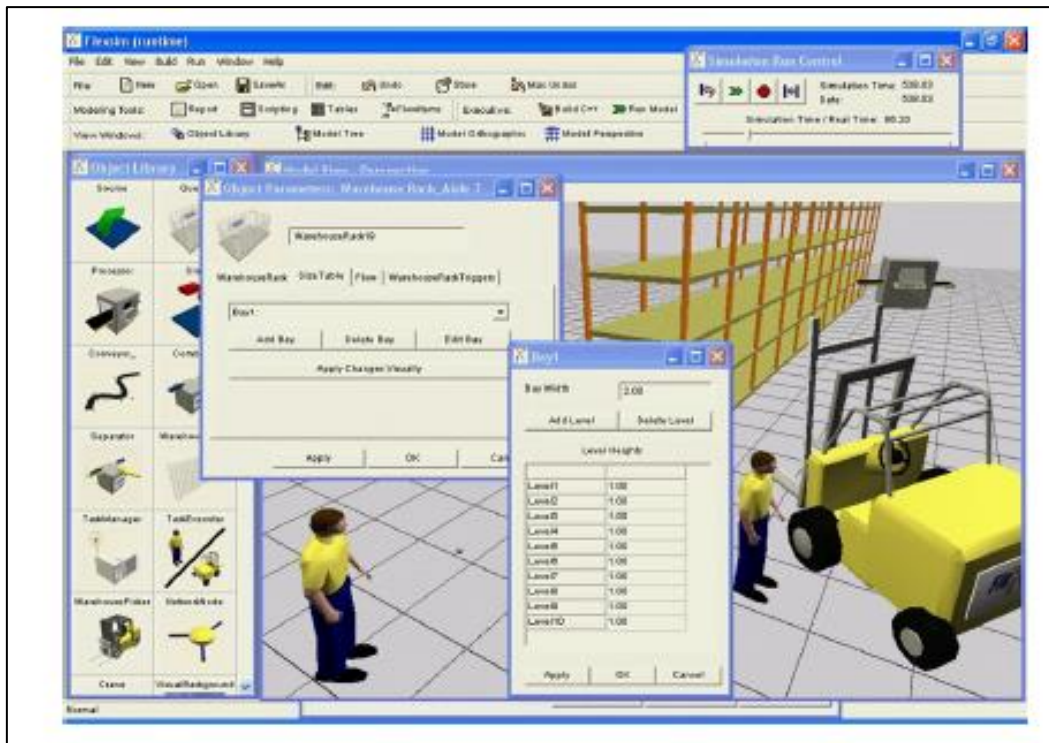


Ilustración 11. Interfaz del Software FLEXSIM. (together, 2021)

Flexsim fue fundada en el año 1993 por Bill Nordgren, cofundador de ProModel Corporation, bajo el nombre de F&H Simulation, dando soporte y entrenamiento a Taylor II Simulation software. Posteriormente en 1998 se desarrolló la primera generación de motor de simulación 3D orientada a objetos, dando lugar a la independización de F&H Simulation, para desarrollar un nuevo software tridimensional orientado a objetos, con el nombre de Flexsim, lanzado en 2003 con una gran variedad de herramientas aplicadas a diferentes procesos. (Flexsim Software Products, 2021)

Flexsim es un software orientado a objetos, lo cual permite, modelar, emular y visualizar sistemas con procesos de flujos dinámicos, que facilitan entender a profundidad el proceso bajo estudio, obteniendo datos precisos que ayudan a la toma de decisiones (Alzate, 2015).

Es un software de simulación de eventos combinados apoyado en la creación y programación orientada a objetos y modelado tridimensional. La última versión disponible es 6.0.2. De enero del 2013, que hace uso del software ExperFit para obtener un mejor análisis de datos y la aplicación OptQuest para optimizar los modelos de simulación. el precio del software es reservado, pero cuenta con una versión gratuita pero limitada. (Triana, 2013).

Flexsim es un simulador de eventos discretos utilizado para crear y diseñar sistemas en diferentes industrias, como: logística, fabricación, manufactura, entre otros, ya que posee un conjunto de imágenes tridimensionales por computadora, inteligencia artificial, tecnología de procesamiento de datos. (CHEN, HU, & XU, 2013) Permitiendo la combinación de herramientas con diferentes funciones fáciles de usar para obtener un buen modelo y así mismo la mejora de los sistemas existentes o propuestos; además de suministrar ajustes de datos originales, optimizando los recursos.

Flexsim es un simulador en 3D que ayuda a comparar el sistema bajo estudio con el real, permitiendo entender lo que está sucediendo, de igual manera facilita emular el modelo conservando detalles necesarios para realizar un análisis preciso.

El entorno tridimensional cuenta con todas las herramientas necesarias, como: operarios, montacargas, semáforos, estantes, tanques, etc., además permite importar dibujos CAD, objetos tridimensionales personalizados, con el fin de crear un modelo exacto para obtener mejores

resultados. Este software es fácil de usar y cuenta con la capacidad para modelar sistemas de mayor complejidad debido a que la biblioteca de objetos estándar que este posee, tiene gran variedad de objetos que le facilitan al analista realizar modelos de una forma rápida permitiendo la creación de propios comportamientos o personalizar los ya existentes, al igual que con los objetos, debido a las diferentes características y opciones que pueden ser seleccionadas para crear, cambiar o personalizar los mismo. Además de las herramientas de modelado 3D, existe otra llamada Process Flow o flujo de proceso más abstracto y teórico que la anterior; esta consiste en crear una lógica de modelo mucho más sencilla que mantiene la lógica y se adapta a diferentes modelos a medida que van cambiando.

Flexsim incluye un lenguaje de programación denominado Flex Script similar a C, mediante el cual ingresan comandos de modelos que la simulación no puede realizar con los menús de las listas que aparecen en las ventanas del programa, generando la construcción de cosas sorprendentes con expresiones simples. Asimismo, el software incluye un lenguaje C++ con el cual se puede modelar cualquier situación.

Flexsim es una alternativa de solución para modelar, simular y visualizar procesos, ya que permite relacionarse con la industria moderna integrando tecnologías que lo hacen más competitivo y de gran demanda por la capacidad de modelamiento completo. En la ilustración 12, se describen unos componentes que permiten la entrada del software a un entorno moderno más competente. (Products, 2021)



Ilustración 12. Componentes del Software FLEXSIM en la industria 4.0 (Autor)

Flexsim se caracteriza por modelar, simular y visualizar procesos productivos, por eso vamos a definir brevemente cada una de sus características del programa. El modelado en el software permite utilizar objetos evolucionados que representen procesos y colas. Es fácil de usar ya que los objetos se pueden arrastrar y mover desde la librería sin necesidad de realizar más procedimientos; los objetos tienen una ubicación en los tres ejes tridimensionales, con

comportamientos determinados. A continuación, se van a describir las características de un modelo en flexsim. (Alzate, 2015).

- Herencia: tiene acceso a las características de Microsoft visual C++. Es decir que si se requieren construir objetos propios se pueden hacer mediante los objetos base que tenga la biblioteca.
- Modificación para usos específicos: permite modificar características como: vistas, objetos, interfaces, entre otros, debido a que el aspecto del software permanece abierto para las modificaciones para las modificaciones que el usuario quiera realizar, además cada característica modificada puede ser guardada a la librería del programa para utilizarla cuando se requiera. Como se mencionó anteriormente, la elaboración de objetos se hace mediante el lenguaje de programación C++, quien controla el comportamiento de los objetos, y la apariencia, menús y de más son controlados por Flex script.
- Intercambiabilidad: puede haber cambios de objetos entre librerías, usuarios y modelos con el fin de acelerar el proceso de modelado.

Simulación: Permite desarrollar un gran conjunto de eventos en cortos periodos de tiempo, debido a su capacidad para simular de manera rápida controlando la visualización y simulación del sistema, si este requiere más rapidez, se puede desactivar la visualización para obtener mejores resultados del modelo simulado.

Flexsim proporciona una serie de experimentos para simular escenarios What it (que pasaría si). Dichos escenarios se ejecutan automáticamente y sus resultados son almacenados. Cada

escenario puede ser analizado dependiendo del número de indicadores como: costos, rendimiento, etc., que predefine el usuario. Los resultados se pueden enviar a otras aplicaciones compatibles con Microsoft.

La visualización con este software maneja una tecnología que permite visualizar el modelo de manera virtual, además tiene la opción de importar formatos de modelos tridimensionales con el fin de hacer con exactitud un diseño del modelo (Alzate, 2015).

2.4.4.1. *Módulos Del Simulador Flexsim*

Son los encargados del análisis de datos y optimización de modelos. A continuación, una breve descripción, según (Triana, 2013).

ExpertFit: es un módulo utilizado para verificar que los datos obtenidos de la simulación se ajusten algún nivel de significancia para determinar la distribución de probabilidad que podría ser normal o exponencial.

OptQuest: es el módulo de optimización y diseño de experimentos para modelos, que crea crear automáticamente varios escenarios generados de los modelos creados en flexsim variando las diferentes condiciones que se le especifiquen, como: número de personas, inventario, velocidades de las bandas transportadoras, turnos, personal de mantenimiento o cualquier variable que se requiera. Usando algoritmos para evaluar los escenarios y generar automáticamente la solución óptima. El usuario define las condiciones en cualquiera de los objetos que desee para encontrar la mejor solución.

Algunos de los objetivos de la optimización son, minimizar tiempos de surtido, maximizar utilidades, maximizar la producción o cualquier objetivo que se busque para mejorar una producción.

2.4.4.2. *Ventajas De Usar Flexsim*

A continuación, se van a describir algunas ventajas de utilizar este software, tomando como referencia. (García, 2012)

- Permite modelar eventos discretos y continuos, además de diversidad de sistemas.
- Visualización tridimensional haciendo más comprensible el modelo
- Permite personalizar diferentes elementos y crear nuevos objetos y librerías, facilitando la elaboración de cualquier sistema.
- Es de fácil uso, lo cual no necesita tener amplios conocimientos en programación, por que posee niveles de usuario y lista de opciones que facilitan el modelamiento.
- Flexsim ofrece apoyo complementario, como material de apoyo, soporte virtual remoto, entre otras; con el fin de aumentar la experiencia con el software.
- Este software cuenta con módulos que facilitan el análisis de datos, ayudando a mejorar y tomar decisiones adecuadas para optimizar el sistema simulado
- Permite simular con diferentes datos con el fin de comparar resultados, minimizar tiempo, maximizar producción y reducir riesgos laborales.

2.4.4.3. *Aplicaciones Del Software Flexsim*

Según (FlexSim Software Products, 2021) este software tiene amplia gama de aplicaciones por las herramientas que permiten tener un modelo tridimensional bien detallado, con capacidad

para modelar diversidad de sistemas en industria, educación, servicios médicos, transporte, aeropuertos, entre otros. Además, es usado por docenas de compañías de fortune 500 y líder en la industria a nivel mundial. Es usado por diferentes empresas, como:

Coca-Cola, Amazon, Ford, Whirlpool, NASA, DuPont, Avon, Michelin, Pfizer, Gillette, FedEx, Toyota, ABB, IBM, Goodyear, Raytheon, Boeing, Mckesson Empowering Healthcare, Nordstrom, Nissan, Lockheed Martin, Bristol-Myers Squibb, the University Texas MD Anderdon Center, Apple, entre otras.

2.5 Estado Del Arte

2.5.1 Software De Simulación Arena

(Lòpez Hernàndez, 2016) En su trabajo de grado explora la capacidad del Software Arena para simular un proceso de azúcar, Simplificándolo con un modelo de tres tachas de primer producto que trabajan por lotes, con el fin de elegir un modelo óptimo para regular el tiempo de espera entre ciclos.

(Rodrìguez Vilches, 2017) Utiliza el software Arena con el objetivo de proponer nuevos escenarios de mejora, para aplacar cuellos de botella y alcanzar una nueva meta de producción anual de una línea de mecanizado de una tuerca, obteniendo como resultado una propuesta de mejora para aliviar la espera de las tuercas en la entrada de la fase de montaje, aumentando así la producción y logrando la meta anual propuesta.

(Antonio, 2012) En su tesis, hace uso del software Arena para simular diferentes alternativas sobre el abastecimiento “Just in Sequence” de autopartes a Volkswagen Argentina; con el fin de mejorar la producción y el servicio de la distribución; obteniendo como resultado al simular, una

reducción de costos de transporte en un 15% y 25%, generando una ventaja para la empresa, además una baja probabilidad de suspensión de la línea, brindando una oportunidad de mejora y progreso.

(Placencia, 2016), hace uso del software como alternativa para mejorar la toma optima de decisiones dentro del servicio de ecografía en un ente hospitalario, mediante una simulación de sistema con modelo de colas para mejorar la eficiencia del servicio, así como el tiempo de trabajo prestado por la entidad.

(Sarabia Viera , 2017) en su trabajo de grado, utiliza la simulación con el software Arena para simular, analizar, validar y justificar el proceso de lavado y secado de una Lavandería Hospitalaria, donde al simular un modelo conceptual del sistema se analizó el comportamiento del mismo, como los valores medios obtenidos aproximados a los valores reales, por lo que se puede concluir que el modelo simulado se ajusta al modelo conceptual creado para el subsistema Lavado y Secado, como una base para crear un modelo que simule todo el conjunto de lavandería, para poder crear medidas preventivas o estrategias que mejoren la eficiencia del sistema, que se expone a situaciones inesperadas que impiden el buen funcionamiento del mismo.

El trabajo de grado de (Ramírez Espitia, 2010) busca crear un modelo de simulación para planear y controlar inventarios a través del software Arena con el propósito de llevar un orden y cumplir con la demanda de la empresa. Obteniendo resultados óptimos mediante el sistema ABC, analizando así la mejor alternativa que cumpliera con las especificaciones del modelo y cumplimiento del objetivo.

(Jàcome Chica, 2013), este proyecto tiene como objetivo diseñar un modelo de transporte para mejorar el servicio de una ruta de Transmilenio, determinando los tiempos de cola promedio, números promedio de pasajeros en espera, estación con más afluencia de pasajeros y pasajeros en cola en las diferentes estaciones; debido a la problemática propusieron un alternativa de mejora para aumentar la frecuencia de salida de buses, sin aumentar los costos, además determinando tiempos de recorrido para reducir de esta manera el tiempo promedio de clientes en espera, ayudando a mejorar las condiciones del sistema.

En este trabajo se enfoca en el diseño de un sistema de control de inventarios, con el fin de determinar las cantidades optimas de productos con mayor demanda en las ventas, para cumplir y satisfacer a los clientes el 100%, manteniendo un nivel adecuado de inventario para cada repuesto y establecer la cantidad optima de pedido y cuando realizar el mismo. (Silva Duarte, 2012)

Este trabajo se desarrolló mediante el software de simulación Arena, creando un modelo para simular diferentes escenarios, para analizar la logística de desplazamiento, distribución y almacenamiento de materiales; identificando causas o problemas mediante el comportamiento del sistema, para llegar a soluciones optimas mejorando la productividad en pro de la empresa. (Granados Castillo & Pèrez Cendales , 2014)

(Troncoso Palacio, 2017) Mediante el software Arena se realizó la prueba de ajuste de la distribución y se creó un modelo para simular las condiciones de arribo, procesos de análisis y entrega de resultados, realizando 12 réplicas para comprobar las hipótesis establecidas y la confiabilidad del sistema real de análisis fisicoquímicos de laboratorios INCOBRA, con el

objetivo de mejorar la entrega de resultados en la entidad, mediante alternativas optimas que ayuden a los laboratorios a ser más eficientes.

2.5.2 Simulación Con Promodel

(Méndez Arèchiga, 2014), En su trabajo opta por el software de simulación ProModel para determinar la capacidad máxima actual del proceso y el volumen real obtenido después de situaciones provocadas por una mala sincronización de la línea, dentro del área de la planta automotriz, analizando paros de la línea y optimización del proceso y cuellos de botella que no le permitían a la empresa cumplir sus objetivos de flujo. Analizando la situación se llegaron a soluciones óptimas desarrollando alternativas para mejorar y aumentar la eficiencia y productividad del mismo.

(Lòpez Landa, 2013) En su trabajo hace uso del software ProModel como una metodología para facilitar y agilizar el desarrollo de sistemas, haciendo uso de aplicaciones digitales sin saber a profundidad sobre programación y base de datos, con el fin de que los usuarios pudieran hacer usos de estas aplicaciones.

En su tesis, (Encina Ruiz, 2019) realiza una simulación mediante ProModel, con el fin de examinar indicadores y tener una estrategia para el mantenimiento constante de equipos en la empresa. Obteniendo como resultado la reducción del tiempo de fallas, costo de fallas por hora y un aumento de disponibilidad de un 97%

Por otra parte, Carlos, en su trabajo de grado usa la herramienta ProModel para modelar el área de una planta textil y analizar la situación, obteniendo como resultado la identificación de factores como tiempos, porcentajes, utilidad neta de producir y la asignación de personal

propuesta, logrando así mejorar la eficacia y productividad de la empresa. (Arancibia Vallejos, 2012)

(Torralba González, 2017) Aplica el software de simulación ProModel para generar propuestas de mejora en la productividad de una determinada área en una empresa purificadora. Logrando establecer los tiempos para cada actividad del proceso de envasado e incrementar la productividad.

(Calvo García & Motta Parra, 2011) hace uso del simulador ProModel con el fin de encontrar alternativas de mejora continua en los sistemas logísticos de la empresa xyz, planteando así una propuesta a corto plazo para extender los horarios de operación de los camiones, evitando utilizar un camión, reduciendo costos y menor tiempo de carga operativa.

En esta tesis los autores hicieron uso de la simulación como apoyo para buscar soluciones y tomar decisiones, para mejorar los niveles de servicio y disminuir los costos por tonelada de alimentos concentrados; obteniendo como resultado la mejora en tiempo de espera, unidades en el sistema, aprovechamiento de recursos y una disminución en los cambios del programa, debido a los modelos de programación de la producción. (Restrepo Reyes & Victoria Viuche, 2012)

Por otra parte (Rubio Rojas , 2016) realizo la simulación mediante el software ProModel para llegar a soluciones optimas de la problemática presentada por la empresa, permitiendo identificar de manera precisa el proceso productivo y un porcentaje inferior de los procesos realizados manualmente a los procesos automatizados.

Según (Jiménez Martínez, 2009) hace uso del software de simulación para diseñar modelos de logística para uso pedagógico de laboratorios de simulación de la UPB logrollar practicas con

ProModel para solución de problemas de producción y logística como forma didáctica para su aplicación en los laboratorios de simulación de la UPB Obteniendo como resultado una guía detallada para estudiantes, adquiriendo conocimientos claves para el buen manejo e importancia de la herramienta

Según el trabajo de investigación (Bernal Loaiza, Cock Sarmiento, & Restrepo Correa, 2015) Centrado en simular un proceso de manufactura mediante el software ProModel para encontrar alternativas optimas que mejoren la productividad, obteniendo como resultado un análisis detallado del proceso, identificando factores que interrumpían el proceso, dando así soluciones para aumentar la productividad con mejor desempeño.

2.5.3 Simulación Con Flexsim

(Pèrez Tonato, 2019). Utilizan el software de simulación para rediseñar la planta del proceso de calzado, debido a la baja productividad, encontrando al simular, cuellos de botella en proceso de cortado, capelladas y aparado por demoras de productos en estas áreas. Debido a la problemática se optó por hacer un aumento de maquinaria y personal, reduciendo así cuellos de botella, aumentando la producción de 81%, reduciendo el valor de producir y estableciendo el costo para modificar la planta de producción.

Por otra parte (Febres Eguiguren & Ochoa Ramirez, 2010) en su trabajo busca a través del software de simulación Flexsim, encontrar alternativas de solución para mejorar los sistemas de producción y tomar mejores decisiones que ayuden a optimizar recursos y aumentar la productividad, planteando una alternativa de distribución de la instalación , que permita

aumentar la cantidad de productos terminados en todas la líneas, además se lograr un aumento de productividad de 23% , sobrepasando las expectativas planteadas en la hipótesis.

Así mismo, (Giubergia, y otros, 2016) Enfocan su trabajo en la simulación basada en procesos, simulando mediante el software Flexsim 7.3.0, un proceso minero por tolvas de almacenamiento y equipos de transporte, con el propósito de determinar el número optimo y la capacidad de los camiones y tolvas; obteniendo como resultado, fallas en el transporte, por falta de camiones, afectando en la productividad de la mina, por lo que se debe aumentar la flota de camiones o aumentar la capacidad de transporte de los mismo

En el trabajo de grado (Orozco Castellar & Ciodaro Orjuela, 2012) hacen uso del software de simulación para realizar emulaciones de los procesos y sus interacciones, con el objetivo de encontrar alternativas de mejora en el sistema y determinar factores actuales y a futuro. Mediante la simulación se llegó a un análisis detallado del comportamiento del terminal, determinando diferentes variables significativas del proceso, ayudando a proponer mejoras y evaluarlas mediante la implementación del modelo; de igual manera se propone aumentar la capacidad de la puerta de acceso, estudiando nuevos ajustes de los servicios y colas de la puerta actual; además de aumentar la capacidad del sistema para cumplir con la demanda, reduciendo así los tiempos de atención a camiones, entre otras propuestas para seguir mejorando.

Por otra parte, usan Flexsim para simular el proceso de producción de blusas para mejorar la productividad; obteniendo resultados favorables para la empresa, ya que logro medir la cantidad de blusas producidas bajo parámetros de tiempo y actividades establecidas, obteniendo una producción optima de la sostenibilidad económica de la empresa. (Saltos Cordova , 2019)

El software de simulación Flexsim es usado por (Castro Rodríguez & Gonzales Mora, 2018) para identificar posibles variables que afectan la producción, con el fin de estudiar, interpretar y evaluar el comportamiento de sistema para proponer posibles soluciones de mejora. Mediante la simulación se logró analizar el sistema mostrando resultados, como tipos de distribución estadística adecuada para mejorar la capacidad producida, así mismo se logró establecer la producción promedio semana de bloques; recomendando medir el porcentaje de humedad de los mismos, controlar los tiempos por paradas de mantenimiento o de producción, entre otros factores importantes para seguir mejorando.

Esta investigación (Paz Orozco, Cañar Truque, Plazas Pemberthy, & Angulo Sinisterra, 2018) consiste en buscar alternativas de mejora para la distribución del proceso y de esta manera ser más efectiva, minimizando tiempos y costos; obteniendo como resultado optimizar la distribución de máquinas, materiales,, recursos humanos; proponiendo un escenario de distribución de planta para mejorar distancias recorridas, porcentajes de inactividad de diferentes máquinas y empleados, incrementando la seguridad y la reducción de riesgo para la salud de los operarios, optimización de mano de obra y de más factores que permitan aumentar la productividad de la empresa.

la tesis: *Simulación de una red logística específica de la región del Biobío*, tiene como propósito realizar una simulación con Flexsim, con el objetivo de emular el comportamiento de tráfico de una ruta hacia otra, para dar soluciones y tomar decisiones que mejoren el sistema. Obteniendo como resultado, la viabilidad para realizar estudios de tránsito, además mediante la simulación se pudo analizar y apreciar el tiempo en que perdura la solución de un proyecto que busca disminuir la congestión vehicular entre estas rutas. (Zamorano Labbè, 2015).

La tesis (Auris Goicochea & Solano Castro, 2019) tiene como objetivo usar el software de simulación Flexsim para determinar una distribución apropiada de la planta y minimizar tiempos de espera. Obteniendo como resultado disminuir la distancia de recorrido de trabajo a través de la metodología CORELAP; así mismo se logra disminuir el tiempo de fabricación del transformador trifásico en aceite aumentando el índice de fabricación de los mismos.

Por otra parte, utilizan el software de simulación Flexsim para analizar los tiempos de llegada y además de un depósito de contenedores con el fin de establecer el horario de turnos para recibir y despachar unidades refrigeradas, reduciendo así el tiempo operacional logístico y mejorar la efectividad del servicio. Se concluyo que se debe reorganizar el sistema actual de despacho para brindar más atención al cliente y evitar la congestión de tiempos quietos en los locales de contenedores, mejorando así la eficiencia y calidad del servicio. (Carrillo Moreira & Paca Ponce, 2014)

2.6 Análisis De Los Principales Softwares De Simulación Y Su Impacto Actual.

El software de simulación se enfoca en el diseño, análisis, evaluación, visualización y optimización de sistemas productivos en pequeñas y grandes empresas, así como en empresas prestadoras de servicios. En la tabla 6 se muestra las diferencias entre ellos dependiendo de sus diferentes características.

Tabla 5. Diferencias entre los Software (ARENA, PROMODEL Y FLEXSIM). (Autor)

Arena	ProModel	Flexsim
Procesador y lenguaje SIMAN	Integración con Excel, Lotus y visual Basic	Lenguaje Flex Script y C++
Modelos tipo diagrama de flujo	Trabaja sobre modelos de manufactura, situaciones como, justo a tiempo, logística, etc.	Simulación 3D orientada a objetos, modela eventos discretos y continuos
Puede trabajar con submodelos	Puede crear el modelo o importarlo desde Excel o CSV	Animación de realidad virtual y apoyo a la misma mediante realidad extendida.
Animaciones 2D y 3D	Graficas en 3D	Importa formatos de modelos tridimensionales
No cuenta con una forma de visualización.	Cuenta con forma de visualización, facilitando el montaje del modelo	Puede ejecutar modelos de simulación en la nube
Algunas variables on creadas por el programa	Debe crear las variables a utilizar	Puede acceder a bases de datos para crear modelos precisos

Mejor entendimiento gracias a los módulos para crear el modelo	Simula, analiza y optimiza	Cuenta con una herramienta de integración de sistema que permite crear replicas digitales del sistema bajo estudio
--	----------------------------	--

Los tres software de simulación analizados presentaron algunas diferencias respecto a la capacidad de cada software, a pesar de que cumplen con el mismo objetivo que es dar soluciones optimas, analizar y descubrir cuellos de botella y de más, estos softwares presentan unas ventajas que hacen que el simulador sea apetecido por las empresas, además de su capacidad para modelar cualquier sistema, su rapidez, análisis de datos y de más características propias de cada simulador.

Similitudes

Los softwares presentan las siguientes similitudes.

- Los tres son softwares de simulación de eventos discretos
- Tienen la capacidad para simular cualquier proceso industrial y de servicio
- Permiten la optimización de procesos.
- Pueden importar dibujos desde otros softwares
- Cuentan con programas de apoyo que facilitan pruebas para determinar ajustes de distribución y de más.

- Permiten dar soluciones óptimas, descubriendo fallas o cuellos de botella que presentan los sistemas bajo estudio.
- Cuentan con una interfaz fácil de usar
- Cuentan con una amplia librería de herramientas que permite crear diseños detallados de diferentes sistemas.
- ProModel y Arena trabajan bajo el sistema operativo Windows y flexsim es compatible con dicho sistema.
- Son paquetes de simulación capaces de modelar cualquier sistema sin necesidad de tener bases sólidas sobre programación
- Cuentan con una versión gratis para estudiantes

En la actualidad estos softwares de simulación forman parte fundamental de diferentes empresas, como herramientas estratégicas para aumentar la productividad de las mismas y lograr optimizar los recursos a menor tiempo, también para predecir posibles situaciones que se puedan presentar a largo plazo o planear estrategias para implementarlas.

El impacto de dichos softwares de simulación en la actualidad, tienen que ver con la cuarta revolución industrial o Industrias 4.0 que gracias a su tecnología o fabricación inteligente hace uso de los softwares y dispositivos para aumentar la productividad en las empresas, así como el servicio y satisfacción del cliente. la simulación tiene la capacidad de integrar nuevas tecnologías además de emular sistemas complejos para examinar la forma de automatización de una empresa para mejorar la productividad y estar a la altura de los inminentes cambios que este presenta.

2.7 análisis De Sistemas De Producción Mediante El Uso De Herramientas Digitales

Un sistema de producción es un proceso por medio del cual se le da valor a materiales, insumos y de más elementos para obtener un producto final. Antiguamente los sistemas de producción se desarrollaban de manera manual, pero con la revolución industrial se fueron creando máquinas y herramientas que permitieron la realización de tareas de manera más fácil con ayuda de los obreros, requiriendo más esfuerzo y agilidad, determinando la cantidad a producir; debido a estas primeras herramientas se disparó la producción y demanda de productos y la mano de obra no era suficiente para abastecer la población, gracias a ello se creó la primera máquina a vapor que ayudaba agilizar el trabajo. Después de este invento se fueron desarrollando más máquinas, dando inicio a la creación de industrias eléctricas y petroleras, organizando así la estructura de los procesos con la asignación de tareas o actividades para ahorrar tiempo y esfuerzo del operario, debido a la creación de dichas industrias se fueron creando más empresas, que buscaban mejorar tiempos y costos de producción con mayor productividad y eficiencia.

El mundo empresarial se fue desarrollando de manera significativa junto con las nuevas tecnologías que hoy en día logran que la mayoría de los procesos de diferentes empresas sean automatizados, creando una ventaja competitiva en el entorno industrial, gracias a las herramientas tecnológicas como maquinas equipos y dispositivos que logran mejorar los sistemas de producción permitiendo que las empresas se adapten al mundo cambiante y utilicen el sistema productivo que más se adapte a su negocio o empresa llevando un orden y planeación de la productividad.

2.8 Sistemas De Producción Y Software De Simulación

Los softwares de simulación son una herramienta fundamental para muchas empresas gracias a la tecnología que manejan y la capacidad para modelar diferentes sistemas de producción. Como lo mencionamos anteriormente hay cuatro sistemas de producción utilizados por diferentes empresas, según sea el tipo, la cantidad, demanda y producto que manejan, entre otros; los softwares tienen la capacidad de modelar desde un sistema sencillo hasta uno más complejo, gracias a su entorno de trabajo y flexibilidad que permite hacer las cosas de manera más sencilla facilitando el análisis de procesos.

Los diferentes sistemas de producción pueden ser simulados para mejorar los procesos, reduciendo tiempos y costos, aumentando así la productividad y competitividad de las empresas. Con el avance de las nuevas tecnologías, el análisis de proceso se hace más fácil, ya que, los softwares de simulación integran inteligencia artificial y modelado virtual, permitiendo detectar diferentes cuellos de botella y obtener resultados detallados de los sistemas bajo estudio, además permiten predecir el comportamiento de un sistema dependiendo de diferentes escenarios simulados sobre posibles casos que puedan llegar a ocurrir como un aumento de demanda o disminución de la misma, entre otras.

La simulación de procesos se realiza para diseñar, desarrollar, analizar y optimizar los procesos como operaciones de fábrica compleja, logística, transporte, entre otros. Por tanto, la simulación se ha convertido en la mejor técnica para la toma de decisiones en muchas empresas. Los softwares de simulación estudiados incluyen módulos para analizar resultado y lograr optimizar los sistemas bajo estudio. Hoy en día las empresas buscan mejorar su proceso mediante la implementación de softwares para conseguir tal fin y ser más competitivos

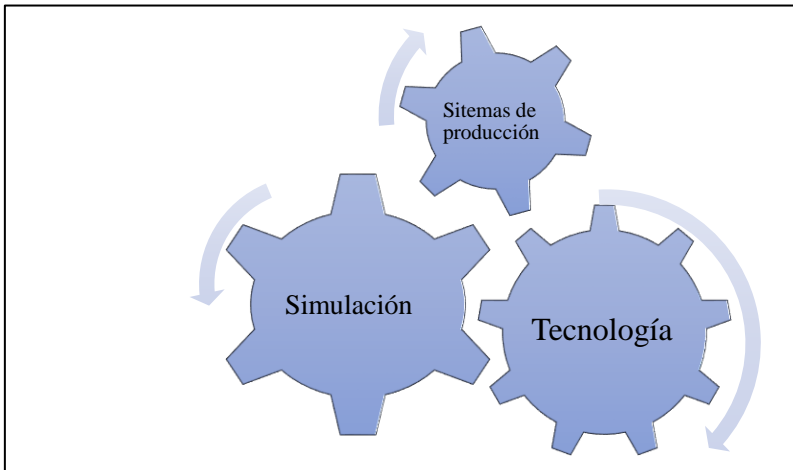


Ilustración 13. Sistemas productivos y la simulación (Autor)

En la ilustración 12 se observa un pequeño gráfico de palabras relacionadas entre sí para darle sentido objetivo a la relación entre sistemas de producción y simulación; en la actualidad, la tecnología engloba todo este tema, ya que gracias a ella se pueden desarrollar mejor los sistemas de producción mediante softwares, aumentando la eficacia, eficiencia y productividad.

La mejor estrategia para optimizar un proceso es analizar dicho proceso a través de un software de simulación para determinar cuellos de botella, debilidades o cualquier fallo que esté presente para poder actuar con óptimas decisiones o rediseñar el modelo si lo requiere, para que el sistema sea más productivo y eficiente. Los softwares de simulación incluyen herramientas básicas que permiten diseñar el modelo paso a paso, facilitando el modelamiento del mismo y por ende el análisis detallado para mejores resultados.

CONCLUSIONES

Los sistemas productivos surgieron como evolución a la revolución industrial, debido a la creación de herramientas y máquinas que permitieron automatizar poco a poco la producción de manera imparables para lograr una mejor competitividad; los sistemas de producción se usan de acuerdo a diferentes características de la empresa, como, capacidad, tipo de producto, demanda del producto y de más factores que indiquen un uso adecuado para manejar sus sistemas productivos, que pueden ser representados a través de la simulación para modelar, observar su comportamiento y dar soluciones óptimas a problemas que se encuentren durante la emulación, ya que la simulación ha sido empleada desde tiempos como una técnica para resolver situaciones presentadas a diario en la sociedad, causado un gran impacto dentro de la industria en los últimos años, debido a su facilidad de uso y nivel de aceptación en muchas empresas para desarrollar diferentes procesos, desde los más sencillos a lo complejo, a tal punto que la mayoría de las empresas cuenta con un sistema de simulación propio o usan el de una firma comercial.

Los softwares de simulación son líderes mundiales en la emulación de eventos discretos y los más utilizados por diferentes empresas para mejorar sus procesos productivos y optimizar los mismos. Con las nuevas tecnologías los softwares se convirtieron en una herramienta fundamental de toda empresa, gracias a la facilidad y flexibilidad del programa, permitiendo emular diferentes procesos desde varios escenarios, evaluando y analizando la mejor situación para optimizar el modelo bajo estudio, debido a los módulos y características que cada software tiene para llevar a cabo un análisis detallado y obtener resultados que ayudan a mejorar los procesos productivos de una empresa. Los tres softwares de simulación analizados, son los más utilizados en el mercado, gracias a su facilidad de uso y capacidad de modelado, ya que tienen

una amplia gama de utilidades en diferentes sectores, ayudando a optimizar sistemas productivos en muchas industrias, además se convierten en una ventaja competitiva dentro del entorno empresarial, debido a la integración de nuevas tecnologías.

En la actualidad las empresas manejan sistemas de producción automatizados, debido a la evolución tecnológica que cada día se desarrolla más mediante el ambiente competitivo que exigen los mercados y la permanencia en los mismos, por eso la mayoría de empresas optan por usar softwares de simulación, debido a la inteligencia artificial y tecnología que estos manejan para diseñar y modelar diferentes sistemas, evaluando posibles cambios que se puedan ejecutar en el futuro, pronosticando así situaciones referentes a la demanda, evolución del producto y de más eventualidades que puedan suceder en el entorno empresarial, logrando una visión de mejora permanente para las empresas, permitiendo una conectividad de estas con la tecnología y su evolución.

BIBLIOGRAFÍA

- Alva Menéndez , G. (21 de Mayo de 2016). *Gestión*. Obtenido de Gestión:
<https://gestion.pe/tendencias/son-ventajas-optimizar-procesos-empresas-121297-noticia/>
- Alvarez, M., & Garcia, R. (2005). *La Simulación en la Industria*. .
- Alzate, R. C. (2015). *Guía de usuario para el modelamiento y analisis con el Software Flexsim*.
https://www.academia.edu/27155244/Flexim_anexoa_150822225810_lva1_app.
- Ammen, C. W. (1979). *The complete handbook of sand casting*. United States of America: TAB BOOKS.
- Antonio, P. D. (2012). *Simulación del Servicio Logístico de DADA A VW. Proyecto final de Ingeniería Industrial*. Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Universidad Privada, Buenos Aires - Argentina.
- Arancibia Vallejos, C. R. (2012). *Mejoramiento de la productividad mediante distribución de instalaciones y reasignación de personal en un área de la planta en Empresa Textil. Memoria para optar por el título de Ingeniero Industrial*. Universidad de Chile, Santiago de C.
- Auris Goicochea, J., & Solano Castro, M. S. (2019). *Propuesta de Distribución de Planta basado en el simulador Flexsim para reducir los tiempos de espera en la empresa Eléctrica Optimización S.A., SJL, 2019. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial*. Universidad Cesar Vallejo, Lima - Perú.

Automation, R. (2021). *Arena Software de Simulacion* . Obtenido de Arena Software de Simulacion : <https://www.arenasimulation.com/>

Bermúdez Correa, L. T., & Carreño Dueñas, D. A. (2011). Hacia el uso de la Simulación como herramienta para el análisis de proyectos de Inversión. (*Rev. Investig. Desarro. Y Inov.*), Vol.1, N° 2.

Bernal Loaiza, M. H., Cock Sarmiento, G., & Restrepo Correa, J. H. (2015). productividad de una celda de manufactura flexible simulada en ProModel utilizando path networks type crane. *Trabajo de investigación*. Universidad Tecnológica de Pereira, Bogotá.

Bradley, P. (2007). *The history of simulation in medical education and possible future directions*. Medical Education (en línea), Vol 40.

Calvo García, J., & Motta Parra, C. A. (2011). Simulación de un evento discreto aplicada a una empresa multinacional XYZ en el sector de alimentos. *Trabajo de grado*. Universidad ICESI, Santiago de Cali.

Carrillo Moreira, V. L., & Paca Ponce, C. R. (2014). Aplicación de un modelo matemático de calendario de servicios de atención para el despacho de unidades refrigeradas en un patio de contenedores. *Tesis de grado*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil - Ecuador.

Castro Rodríguez , K. J., & Gonzales Mora, C. A. (2018). Simulación de modelos discretos para el proceso de elaboración de bloques de arcilla de la empresa Tejar

Arcillas Zuligres S.A:s. *Trabajo de grado, Ingeniero Industrial*. Universidad Libre Seccional Cúcuta, Cúcuta.

Chaves Palacios, J. (2004). Desarrollo Tecnológico en la primera Revolución Industrial. *Norba, Revista de Historia, ISSN 0213-375X, vol. 17, 2004, 93-109*.

CHEN, L.-H., HU, D.-W., & XU, T. (2013). CICTP 2013. Highway freight terminal facilities allocation based on flexsim. *Social and Behavioral Sciences 96 (2013) 368 - 381*.

Claro, M. (2013). *Simulart. visualizar, analizar, optimizar*. Obtenido de Simulart. visualizar, analizar, optimizar: <http://www.simulart.cl/software-de-simulacion/software-promodel/>

Corporation, P. (2021). *ProModel Better Decisions - Faster*. Obtenido de ProModel Better Decisions - Faster: <https://www.promodel.com/>

Coss Bù, R. (1993). *Simulaciòn un enfoque pràctico*. Mèxico: LIMUSA - Noriega Editores.

Encina Ruiz, F. (2019). Plan de mantenimiento basado en criticidad para aumentar la disponibilidad de equipos àrea de producciòn de conservas de pimienta en la Empresa Danper Trujillo S.A.C. *Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Industrial*. Universidad Cèsar Vallejo, Trujillo - Perù.

Fábregas Ariza, A., Wadnibar Rojas, R., Paternina Arboleda, C., & Mancilla Herrera, A. (2003). *Simulación de sistemas de producción con Arena*. Barranquilla: Ediciones Uninorte.

Febres Eguiguren, J. D., & Ochoa Ramirez, R. P. (2010). Propuesta de mejora del proceso productivo en la empresa Press Forja S.A. Utilizando el software Flexsim manufacturing como herramienta para la toma de decisiones. *Tesis de grado para obtención del título de Ingeniería Industrial*. Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca, Cuenca, España.

Fernández García, B. (2005). *Clarcacat*. Obtenido de Clarcacat:
<https://www.clarcacat.com/arena/>

Flexsim Software Products, I. (19 de Abril de 2021). *Flexsim problem solved*. Obtenido de Flexsim problem solved:
<https://www.flexsim.com/es/empresa/#:~:text=FlexSim%20fue%20fundado%20en%201993,nombre%20de%20F%26H%20Simulations%2C%20Inc.&text=llamado%20FlexSim%20-%20F%26H%20Simulations%2C%20Inc.,a%20FlexSim%20Software%20Products%2C%20Inc.>

FlexSim Software Products, I. (2021). *FlexSim Problem Solved*. Obtenido de FlexSim Problem Solved: <https://www.flexsim.com/es/>

García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2006). *Simulación y análisis de sistemas con Promodel primera edición*. México: Pearson Educación de México, S.A de C.V.

García Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barrón, L. E. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel. segunda edición*. México: Pearson.

García, M. (2012). Flexsim. *Universidad Nacional de Ingeniería, RUACS*.

Giubergia, A. A., Gil Costa, V., Mansilla, Y., Narvaez, D., Bertello, M. E., & Besso, M. (2016). Simulación aplicada al cálculo de capacidades de almacenamiento y stock piles. *Investigación*. UNSL Universidad Nacional de San Luis, San Luis, Argentina.

Gómez Cabrera, A. (2010). Simulación de Procesos constructivos. *Revista Ingeniería de Construcción*.

Gómez, C. (2012). Simulación con el Software Arena. En S. y. Kelton, *Simulación con Software Arena 4ta edición*.

González Doncel, C., & Torres Vivas, M. L. (2005). Comparación del desempeño de los simuladores Arena y Promodel en un modelo de producción. *LACCET'2005 - Information Technology Track - Paper No. 26*.

Granados Castillo, A., & Pérez Cendales, I. K. (2014). Simulación para el mejoramiento de la logística de materiales y equipos en un proyecto de Edificación. *Masrer en Ingeniería Civil, Énfasis Gestión de Proyectos y Construcción*. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C.

Group, C. (16 de Enero de 2018). *Control Group*. Obtenido de Control Group:
<https://blog.controlgroup.es/distintos-sistemas-de-produccion-industrial/>

Higuera Obregon, J. E. (2011). Simulación Arena. Sistema con logística de retorno:
Aplicación al caso de contenedores retornables .

J. Banks, J. S. (2011). *Discrete-event System Simulation, 4ta ed.* Pearson .

Jàcome Chica, D. F. (2013). Elaboración de un modelo de simulación de la ruta T3 del sistema de transporte integrado masivo de metrolínea en la ciudad de Bucaramanga utilizando el paquete computarizado Arena. *Proyecto de grado*. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga.

Jiménez Martínez, J. L. (2009). Aplicación de ProModel en problemas de producción y logística para su implementación en el laboratorio de simulación en la Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga. *Proyecto de grado para adquirir el Título de Ingeniero Industrial*. Universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, Bucaramanga.

Llican Calderón, J. A. (2003). Simulación de Sistemas. Caso: Servicentro de Combustible. *Licenciado en Investigación Operativa*. UNMSM Universidad Mayor de San Marcos, Lima - Peru.

LLiram Ruiz, E. G., Martínez Alvarez, F. d., & Monroy Alvarado, G. S. (2006).
Simulación: Conceptos y Evolución.

López Hernández, S. (2016). Modelado y Simulación en Arena de sistemas de procesos continuos. *Grado en Ingeniería Mecánica*. Universidad de Valladolid Escuela de Ingenierías Industriales, España.

López Landa, R. A. (2013). PRoModel y EMF on Rails: Facilitando y agilizando el desarrollo de prototipos de aplicaciones web con y sin incertidumbre. *Doctor en Ciencias Computacionales*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.

López, J. R. (2001). Efecto de la temperatura sobre las propiedades físicas de moldes y corazones producidos por el proceso fenol-uretano en caja fría. *Tesis de Maestría*. FIME-UANL, México.

Méndez Aréchiga, C. R. (2014). Diagnóstico de flujo del área de ensamble final ubicada en la planta de estampado y ensamble Ford Hermosillo. *Posgrado en Ingeniería Industrial, Maestría en Ingeniería en Sistemas y Tecnología*. Universidad de Sonora División de Ingeniería, Hermosillo, Sonora, México.

Milla, A. (2016). *Wordpress*. Obtenido de Wordpress.com:
<https://astridmll.wordpress.com/2016/09/07/tipos-de-software-de-simulacion/>

Molero Ayala, V. M. (2015). *La Revolución Digital*. Madrid : Departamento de Estudios e Imagen Corporativa. UCM.

Naylor, T. H. (1982). *Técnicas de simulación en computadoras*. Limusa.

Orozco Castellar, J. D., & Ciodaro Orjuela, J. (2012). Diseño de propuestas de mejora para la configuración de la puerta de acceso de camiones de la terminal de contenedores

de Cartagena - Contecar S.A mediante un estudio de simulación de eventos discretos.

Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena.

Paz Orozco, H., Cañar Truque, J. D., Plazas Pemberthy, L., & Angulo Sinisterra, H. (2018). Propuesta para un diseño de distribución en planta en el área de separado para la empresa de alimetos Cárnicos S.A.S, evaluada mediante una herramienta de simulacion - Flexsim. *Trabajo de Investigaciòn.* Corporación Universitaria Comfacauca, Santiago de Cali, Colombia.

Per, R.-D. O. (2013). *A Method and Application to Simulate and Validate Manufacturing Control System Based on a Discrete Manufacturing Simulation Plataform.*

Pèrez Tonato, K. E. (2019). Modelo se simulación para medir l productividad en el proceso de elaboración de calzado de la empresa Strocalza. *Sublínea de investigación.* Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.

Placencia, H. E. (2016). Aplicación de simulación de sistemas con el software Arena para la mejora de la toma de decisiones en los servicios de ecografía de una clínica de Medical Images SAC en el distrito de Los Olivos en Lima Metropolitana. *Licenciado en Investigaciòn Operativa.* Universidad Nacional Mayor De San Marcos, Lima - Perú.

Price, R. N., & Harrell, C. R. (1999). *Simulation modeling and optimization using ProModel.* Estados Unidos : Actas de la conferencia de simulaciòn de invierno 1999. P.A Farrington, H.B Nembhard y G.W Evans, eds.

Price, R. N., & Harrell, C. R. (1999). Simulation modeling and optimization using ProModel . *Proceedings of the 1999 winter Simulation Conference P.A. Farrington, H. B. Nembhard, D. T. Sturrock, and G. W. Evans, eds.* G. W. Evans, eds.

Products, F. S. (20 de Abril de 2021). *Flexsim Problem Solved*. Obtenido de Flexsim Problem Solved: <https://www.flexsim.com/es/industria-4-0/>

Puche Forte, J. F., A Carpana, J. J., Gomez, J., Vilar, R., Villalba, S. S., & Perpiñan, J. S. (2005). *GUIA PRACTICA PARA LA SIMULACION DE PROCESOS INDUSTRIALES*. Centro Tecnológico del MUEble y la Madera de la Region de Murcia.

Raffo Leirca, E. (2008). Software de simulación. *Industrial Data. UNMSM*.

Ramírez Espitia, C. A. (2010). Desarrollo y Aplicación de la Simulación en el software Arena como solución en manejo de Inventarios de la Empresa Industrias Pintulutex. *Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Industrial*. Universidad Pontificia Bolivariana, Seccional Bucaramanga, Bucaramanga - Colombia.

Rammert, W. (2001). La tecnología: sus formas y las mdiferencias de los medios. *Hacia una teoria social pracmatica de la tecnificacion*. .

Restrepo Reyes , D. L., & Victoria Viuche, J. (2012). Diseño de un modelo de simulación utilizando el software ProModel para programar la producción de alimentos concentrados de la empresa Itacol de Occidente LTDA. *Tesis para obtener el título de Ingeniero Industrial*. Universidad del Valle, Palmira.

Ricondo, I. (2013). La simulación como herramienta de valor en entornos de producción ajustada . *Canales sectoriales Interempresas METALMECÁNICA*.

Robotics, E. (2020). *EDS Robotics*. Obtenido de EDS Robotics:
<https://www.edsrobotics.com/blog/pilares-industria-4-0/>

Rockwell Automation. (2021). *Arena Software de Simulación*. . Obtenido de Arena Software de Simulación.: <https://www.arenasimulation.com/industry-solutions>

Rodríguez Vilches, R. (2017). Simulación de un proceso de fabricación. *Trabajo fin de m̀aster*. UPNA, Universidad P̀blica de Navarra (Nafarroako Unibertsitate Publikoa), Pamplona Espa˜a.

Rubio Rojas , N. (2016). Simulación de la capacidad de producción de las máquinas y áreas de trabajo que intervienen proceso productivo de fabricación de guantes de látex. *Práctica empresarial*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá8555.

S.A., K. D. (20 de Abril de 2021). *KYOCERA Documennt Solutions*. Obtenido de KYOCERA Documennt Solutions: <https://www.kyoceradocumentsolutions.es>

Salazar cruz, E. R. (2017). Simulación. unidad 4.

Saltos Cordova , J. J. (2019). Propuesta del modelo de simulación Flexsim para la empresa Textindustria S.A: para la mejora competitiva del sector industrial. *Administración de empresas*. UTMACH Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

Sánchez, E., & Corral, K. (2014). Uso, clasificación y funciones de las herramientas digitales.

Sanchez, J. R. (2015). INTRODUCCION A LA SIMULACION. En L. Álvarez Pomar , G. Méndez Giraldo, F. Baesler Abufarde, & M. A. Centeno, *Introducción a las simulación discreta* (pág. Bogotá). UD universidad Diatrital.

Sarabia Viera , D. (2017). Modelado y simulación de una Lavandería Industrial para entornos hospitalarios. *Trabajo de fin de grado, Grado de Ingeniería Electrónica Industrial y Automática*. ULL. Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife - España.

Silva Duarte, L. C. (2012). Optimización, de la gestión de inventarios con simulación en Arena en la Sociendad Soserautos S.A. *Trabajo de grado para adquirir el título de Ingeniero Industrial*. Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga.

Software, p. T. (15 de Mayo de 2021). *Software para TODO*. Obtenido de Oftware para TODO: <https://softwareparatodo.com/software-de-simulacion/>

together, p. (2021). *Designed by Business on Market St*. Obtenido de Designed by Business on Market St.: www.planettogether.com

Torralba González, M. A. (2017). Modelo de simulación para el área de envasado de la Purificadora Manantial San Sebastián. *Obtener el título de Ingeniero Industrial*. Universidad Tecnológica de la Mixteca, Huajuapán de León, Oaxaca, México.

Triana, w. J. (2013). Implementación de talleres basados en el software de simulación Flexsim para la asignatura Técnicas modernas de optimización. .
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2013/149563.pdf>.

Troncoso Palacio, A. H. (2017). Diseño de un modelo de simulación discreta para la mejora en la entrega de resultados de análisis fisicoquímicos en Laboratorios Incobra. *Magister en Ingeniería énfasis Gestión de Operaciones*. Universidad de la Costa, CUC, Barranquilla Colombia.

UNEA. (26 de Noviembre de 2019). *UNEA, Universidad de estudios avanzados* .
Obtenido de UNEA, Universidad de estudios avanzados :
<https://www.unea.edu.mx/blog/index.php/sistemas-de-produccion/>

Zamorano Labbè, M. I. (2015). Simulación de una red logística específica de la región del Biobío. *Informe de proyecto de título para optar al título de Ingeniero Civil Industrial*. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Bío Bío, Chile.