



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE HUATUSCO

“OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ACOPIO DE CAFÉ CEREZA MEDIANTE UN MODELO DE SIMULACIÓN USANDO SOFTWARE SIMIO”.

OPCION I: TESIS.

**PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERIA INDUSTRIAL.**

PRESENTA:

**C. Marlem Tecalco Segura.
C. Edgar Eduardo Coyotl Quintero.**

**DIRECTOR DE TRABAJO RECEPCIONAL.
M.I. Miguel Ángel Solís Jiménez**

HUATUSCO, VER.

NOVIEMBRE 2021.

Agradecimientos.

La vida está llena de experiencias y sueños que parecen casi imposibles, pero con disciplina y esfuerzo se pueden lograr, sin dejar atrás tus objetivos y recordar siempre, que fue lo que te impulso para hacerlo. Culminar una meta más fue un reto nada fácil, pero con el amor y fortaleza de dios, que siempre ha estado conmigo para darme las fuerzas necesarias de seguir adelante.

Si duda alguna, las enseñanzas de mis maestros para forjarme profesionalmente siempre estarán presentes y que les guardo un cariño muy especial por compartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi carrera. De manera muy especial a nuestro asesor de tesis a M.I. Miguel Ángel Solís Jiménez por la paciencia, el apoyo y el tiempo que nos brindó para hacer posible este proyecto.

Y qué decir de mi familia, mi papá y mi hermano que a pesar de las dificultades me apoyaron en todo momento y nunca me dejaron sola, saben que son mi motor para seguir adelante y que siempre estaremos juntos para apoyarnos en las buenas y malas. Por su consejo y apoyo que sin ustedes no lo hubiera logrado. Sin olvidar a mi ángel del cielo, mi madre que donde quiera que este, sé que estará orgullosa de mí y hacer lo que ella siempre quiso para mí. Los amo familia.

Sin dejar de recordar a mis compañeros de clase que compartimos ratos de angustia y felicidad, a lo largo de la carrera. Así como a mis mejores amigos, Yoselin, Alberto, Alejandro, Antonio por siempre apoyarnos el uno con el otro y ser un gran equipo, los quiero mucho. Y sin duda alguna mi compañero y amigo de tesis, Edgar, por los momentos que hemos compartido a lo largo de este camino y que hoy se ve reflejado el esfuerzo de ambos.

Mi enorme agradecimiento a la compra de café “La Laja” por brindarnos la confianza para poder realizar este proyecto. Y a todas las personas que saben que son importantes para mí pero tal vez olvide mencionar gracias, por la aportación que han tenido en mi vida.

Marlem.

Tras concluir una etapa tan importante de mi vida comienzo a reflexionar acerca de todo lo que he vivido para lograr este hallazgo. Tantos días de esfuerzo, desvelos y mal pasos; tantos días de logros y desdichas. Después de tantos días, semanas y meses de dar todo lo que pude, de dar el máximo en cada instante me han llevado a lograr eso que desde niño había soñado. Esa ilusión tan grande de verme convertido en un profesional, de que la gente pueda verme como un ingeniero más dentro de esta sociedad.

Pienso en lo orgulloso que me siento de todo esto, reflexiono y me doy cuenta que este logro no ha sido solo mío, pues ha habido diversas personas que han sido pieza fundamental en todo ello, que siempre han estado al tanto de mi avance y me han mostrado su apoyo incondicional para con mis estudios.

Por ello, quiero agradecer a todos ellos que de manera muy especial han influido en tan importante logro. Siendo parte de todo esto el asesor de tesis M.I. Miguel Ángel Solís quien con sus amplios conocimientos y su incondicional apoyo fue el guía más importante en todas y cada una de las etapas del proyecto, quien con sus consejos y experiencias apoyó el poder alcanzar los resultados que inicialmente se buscaban. También quiero agradecer a la compra de café “La Laja” en Col. Manuel Glez., quien brindo los recursos y herramientas solicitadas, que permitió la realización del proyecto ahí y apoyo en lo necesario para lograr los resultados obtenidos. A todos los maestros en general, que con sus experiencias, conocimientos y buenos momentos fueron la parte angular en todo esto, que con sus palabras de ánimo y aliento apoyaron en el cultivo de todo el conocimiento adquirido a través de los años. Así también quiero dar gracias a Dios, que ha sido guía importante en mi vida, quien me ha iluminado y dado la fortaleza necesaria para no darme por vencido y poder encontrar las fuerzas para seguir adelante.

Las personas que te apoyan sin importar las condiciones, que están contigo sin que tú se los pidas y son tu motor e impulso de sueños son quienes están contigo cuando no eres nadie, se merecen estar a tu lado cuando lo tienes todo, por ello quiero dar gracias a mis padres, que desde el comienzo han estado a mi lado incondicionalmente, apoyando mis sueños sin importar que tan fácil o complicado se haya tornado, para ustedes mi más grande agradecimiento y admiración, los amo. Gracias también a mi pareja que me ha brindado su apoyo en todo instante, que me ha comprendido en todo, que se ha convertido en una gran parte de mi felicidad, quien lucha conmigo para lograr los objetivos que me he planteado y que a mi lado tiene planes importantes de vida. Por último y no menos importante, quiero agradecer a mis amigos y compañeros, con quienes inicie parte de este viaje, con quienes compartí momentos de dicha y de estrés, a ellos que fueron de apoyo en la comprensión de muchas materias, con quienes logre hacer muy buen equipo de trabajo y disfrute de su compañía y amistad, principalmente a mi compañera de tesis Marlem, quien compartió conmigo la parte final de este viaje y que juntos obtuvimos los resultados que tanto esfuerzo nos costó obtener.

A todas y cada una de las personas que han influido en mi vida tanto positiva como negativamente, ¡Muchas gracias!

Edgar Eduardo.

Contenido

Resumen.....	8
Introducción.	9
Estado del arte.....	11
Capítulo 1 Generalidades.....	14
1.1 Descripción de la empresa.	15
1.1.1 Datos e información de la empresa.	16
1.2 Misión y Visión empresariales.....	17
1.2.1 Misión.....	17
1.2.2 Visión.....	17
1.3 Planteamiento del problema.....	18
1.4 Objetivos.....	20
1.4.1 Objetivo general.	20
1.4.2 Objetivos específicos.....	20
1.5 Hipótesis.....	20
1.6 Conclusiones Capítulo 1.....	21
Capítulo 2 Marco teórico y conceptual.....	22
2.1 Marco teórico.....	23
2.1.1 Historia del café en la región.....	23
2.1.2 Definición de simulación.....	25
2.1.3 Tipos de simulación.....	26
2.1.4 Conceptos básicos del modelo.....	28
2.1.5 Muestreo.....	29
2.1.6 Pruebas de Bondad de ajuste.....	32
2.1.7 Tamaño de la muestra.....	35
2.1.8 TIPOS DE VARIABLES.....	36
2.2 Conclusión Capítulo 2.....	39
Capítulo 3 Metodología y Desarrollo.....	40
3.1 Introducción a la Metodología.....	41
3.2 Obtención de la información.....	42
3.2.1 Recolección de datos.....	44
3.2.2 Ajuste de las variables aleatorias.....	47
3.3 Diseño.....	54

3.3.1 Modelo base	54
3.3.2 Verificación	57
3.3.3 Validación	57
3.4 Análisis.....	59
3.4.1 Número de corridas.....	59
3.4.2 Análisis de indicadores con el modelo actual.....	60
3.4.3 Análisis de indicadores con el escenario de mejora.	61
Capítulo 4 Conclusiones.....	62
4.1 Comparación de los resultados de los indicadores.	63
4.1.1 Tiempo promedio en la descarga.	63
4.1.2 Tiempo total promedio en el sistema.....	64
4.2 Conclusiones de las comparaciones.....	66
4.3 Decisión final.....	67
Conclusión general	68
Anexos	69
REFERENCIAS	74

Resumen

Cualquier proceso de manufactura o servicio, siempre debe estar sujeto a evaluación con la intención de buscar maneras más eficientes de llevarlas a cabo. Hacer esto de manera continua, permite a las empresas entre muchas cosas, reducir gastos, mejorar el servicio, mantenerse vigente dentro de la competencia cada vez intensa a nivel local, regional, nacional y mundial.

En la compra de café “La Laja”, es de suma importancia mejorar el proceso de descarga dentro de la misma para dar un buen servicio a los clientes. El presente trabajo muestra un modelo de simulación del proceso de acopio dentro de la compra.

El uso de la simulación tiene como propósito optimizar el proceso de descarga del café. Para ello, se realizó la formulación del problema, el planteamiento de los objetivos y la recolección de datos. La construcción del modelo se realizó utilizando un software de simulación (SIMIO®) que permite representarlo en una forma real y así hacer mejoras dentro del sistema.

Finalmente, el modelo se desarrolló paso a paso, mostrando de forma real lo que ocurre dentro del sistema, con el tipo de distribuciones de probabilidad para el correcto funcionamiento del modelo que deben tomar, permitiendo evaluar las comparaciones en distintos escenarios, sus variables y analizar el resultado de cada una de ellas. Cumpliendo con el propósito inicial, optimizar el proceso de descarga en la compra de café.

Palabras clave: Simulación, modelo, software, Simio®, optimización, proceso, compra de café.

Introducción.

Una de las mejores opciones para predecir algo que ocurre en la realidad es hacer una representación de lo que ocurre en el sistema o situación que se quiere analizar, es hacer es una descripción de entidades y la relación entre ellas. Por lo tanto, el modelado que se realiza, puede considerarse como un método eficiente para mostrar la complejidad de los procesos y tratar de entenderlos para efectuar recomendaciones viables que mejoren el sistema en cuestión.

El modelo de simulación es una herramienta factible, económica y fiable que nos permite tomar decisiones y encontrar mejores propuestas para dar un buen resultado a proyectos sin necesidad de experimentar directamente en el sistema.

Un buen modelo de simulación muestra un resultado que permite modificar cuantas veces sea necesario el modelo hasta encontrar un resultado favorable. Tal es el caso del sistema agropecuario, específicamente en el sector cafetalero, el cual es uno de los más representativos de esta zona de las altas montañas, donde el tiempo de cosecha que comprende de octubre a febrero los centros de acopio de café o como se le conoce regionalmente “compras de café” hay una gran acumulación de productores para llevar a vender su café y como normalmente trabajan de 04:30 PM a 7:30 PM provoca una aglomeración de vehículos.

En el presente proyecto “Optimización del Proceso de Acopio de Café Cereza Mediante un Modelo de Simulación Usando Software Simio”, se pretende dar solución a la problemática generada en la compra de café. En la cual analizaremos todo el proceso con la intención de hallar las operaciones que más afectan al desarrollo de este, provocando un cuello de botella.

Para poder lograr la mejora que estamos buscando se usará para realizar el modelo el software de simulación SIMIO® que permite representar visualmente las tareas implementadas en el acopio. Este cuenta con una gran capacidad de simular las actividades de una forma eficaz, rápida y de mejor visualización debido a que cuenta

con una representación en 3D hace que el modelo se vea más realista y con un buen análisis estadístico, se puede tomar mejores decisiones.

Estado del arte

El uso de la simulación no es una actividad nueva, en sí, se ha llevado a cabo diversos proyectos en muchos ámbitos, lográndose excelentes resultados. Existen muchos proyectos en las diversas bases de datos los cuales haciendo uso de la metodología de simulación, y con softwares como lo son Promodel, Arena y otros, se han logrado marcar sin duda un precedente que sirve de base para el proyecto que se presenta en el presente trabajo. Algunos de los trabajos consultados y parte de los resultados que tuvieron son presentados a continuación:

Nombre del proyecto	Año de publicación	Autores	Resumen
Modelo de simulación del proceso de almacenamiento y distribución en la bodega de la distribuidora de papel de la empresa muebles & accesorios s.a., para el mejoramiento del sistema de inventarios.	Bogotá, octubre 2012	Edgar Alberto Peña Guerrero Y Esmeralda Forero.	Con el modelo de simulación en PROMODEL, se plantea un proceso de recepción, almacenamiento y despacho que facilita la planificación de presupuestos y el establecimiento de estrategias de crecimiento controladas o evaluadas premeditadamente, con el fin de alcanzar los propósitos de la organización.
Un modelo para la simulación híbrida de la producción de software a medida en un entorno multiproyecto	Sevilla, Julio 2008	Javier Navascués Fernández-Victorio	La simulación del proceso software es un campo de investigación ampliamente visitado. La disciplina de la Ingeniería del Software propone enfoques y metodologías de modelado que se emplean en esta tesis para representar el problema estudiado. Estos resultados hacen referencia al carácter a la vez continuo y discreto de los procesos, a la mejora del proceso software y al empleo de técnicas avanzadas para la gestión de los recursos. El modelo, construido en el lenguaje Modelica, permite reproducir

			diferentes modelos de proceso y realizar experimentos con diferentes supuestos de perturbación de las previsiones iniciales para analizar las respuestas.
Propuesta de un modelo de simulación como herramienta en la justificación y comprensión de la toma de decisiones en la universidad pública. Un enfoque sistémico.	Bucaramanga 2010	Pablo Hernando Osorio Calderón	Este proyecto da como resultado un modelo de simulación basado en la ejecución e inversión pública municipal, el cual permite evaluar proyectos propuestos, contando con el dinero disponible en las cuentas de libre inversión y propósito general, mirando no solo el factor costo/beneficio de una manera netamente económica, si no analizando el impacto que generan estos proyectos en la calidad de vida de las personas, dando a conocer el crecimiento oh descenso del índice de desarrollo humano, demostrando que el interés general de la comunidad es superior al particular, por lo tanto, los primeros asuntos a resolver se encuentran liderados por las necesidades de las comunidades o poblaciones vulnerables. También le permite al usuario entender la situación en que experimenta un alcalde al momento de tomar una decisión ya que debe tener presente el comportamiento de las variables o parámetros a modificar.
Uso de la simulación para modelar la demanda en la solución de una red de distribución inversa	Atizapan de Zaragoza, Edo México. Mayo 2013	Rosa Maria Ferradás Somoza	El problema de esta tesis se ha resuelto mediante la modelación de la demanda en una red de distribución en reversa. Se plantea un modelo que resuelve el problema de recolección de alfombra para la empresa HRC bajo el desarrollo de un programa de recolección a nivel mundial llamado Proyecto X siendo propietario de este programa el productor de alfombras CARPMEX El presente documento ofrecerá a HRC una solución logística de recolección de alfombra en base a la simulación de la demanda en un

		escenario pesimista y bajo condiciones del ciclo de vida de la alfombra que depende de un correcto mantenimiento e instalación.
Modelo de 2013 simulación para redes de comunicación de sistemas de detección de fuego basado en omnet++ ((Fire detection network simulation model based on OMNeT++))	Noelia Santos Díaz	Para llevar a cabo el desarrollo de dicha aplicación es necesario elaborar un modelo del sistema que incluya el tipo de comunicación entre dispositivos, topología, distintos tipos de mensajes y el protocolo utilizado. También se modela la interconexión entre dispositivos (con su propagación y efectos básicos de la señal que puedan intervenir) y el comportamiento de cada dispositivo (retardos, tiempos de transmisión). El resultado obtenido es, por tanto, una herramienta de simulación de redes que puede evitar, minimizar y ayudar en tareas como el diseño y verificación del comportamiento de una configuración concreta de la red, agilizando de esta manera el proceso de desarrollo del producto.

Capítulo 1 Generalidades

En el presente capítulo se habla acerca de los antecedentes de la empresa, su misión, visión y descripción. De igual manera se encuentra la descripción de la problemática y los objetivos a cumplir durante el desarrollo del proyecto.

1.1 Descripción de la empresa.

La historia comienza en el año 1920, cuando la primera generación de la familia Sampieri inicia labor en el cultivo del café, producido en las tierras fértiles de las zonas altas de Huatusco en el Estado de Veracruz.

En 1999 nace “LA LAJA” como empresa y comienza a trabajar en el beneficiado, en la compra – venta de café; creciendo de manera importante para convertirse en lo que es hoy, una empresa sólida con más de 10 años de experiencia en la producción y comercialización del café.

Se encuentra ubicada en la congregación La Laja, municipio de Tlaltetela, Veracruz, México, con una altura de 1130 a 1250 m.s.n.m. Se encuentra en la zona montañosa Central del estado de Veracruz regado por una red de ríos pequeños tributarios del río La Antigua.

La finca La Laja es cultivada bajo sombra con variedades predominantes de caturra y gárnica con plantaciones de 2000 a 2500 arbustos por hectárea. Desde 1980, fecha en la que se adquiere la propiedad “La Laja” se ha buscado una mejor producción cada cosecha y así obtener una taza de la más alta calidad hasta llegar a diferentes procesos como secado en su propia miel, secado con su fruta, lavados y semilavados.

Todo el café que es colectado es tratado en los beneficios, como parte de un proceso que transforma el fruto de café o café cereza, como es mayormente conocido, en café pergamino de alta calidad.

El café es recibido en los beneficios y a través de una despulpadora se separa la cascara roja externa del grano. Posteriormente, el grano se deja fermentar en depósitos llenos de agua facilitando la descomposición de los azúcares durante un lapso de 12 a 18 horas.

Seguido de esto se elimina el resto de la pulpa utilizando abundante agua en circulación. Para que seguido de esto, los granos se coloquen sobre camas para

exponerlo al sol, removiéndolo varias veces al día para conseguir un secado uniforme. Ya estando seco, el café es almacenado durante 30 a 60 días, para que finalmente los granos pasen por una maquina descarrilladora para eliminar el pergamino y obtener el café verde.

1.1.1 Datos e información de la empresa.

“La Laja” Es una empresa dedicada a la producción, comercialización y exportación de café; que a través de la innovación busca el desarrollo óptimo. Cuenta con cuatro fincas que son; finca palmas, finca el mirador, finca la puebla y finca la laja.

Donde se puede contactar en; Av.1 Poniente #1236 Col. Centro Huatusco, Veracruz, C.P. 94100

cafe@cafelalaja.com.mx

(01) 273 734 1315

Fax 01 273 734 1912

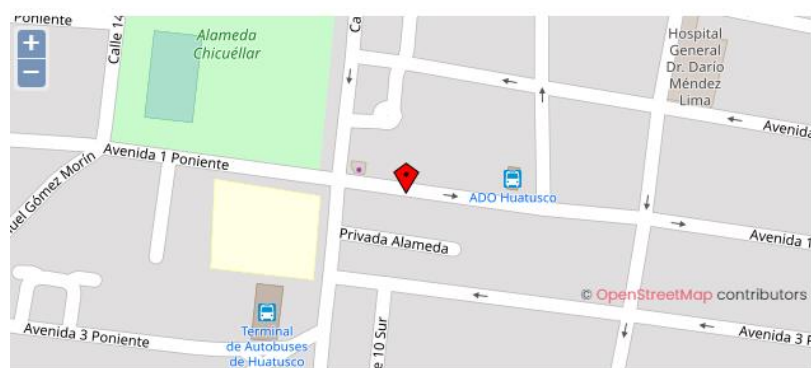


Ilustración 1 Ubicación.

Café La Laja. (2020, 12 octubre). *Conócenos*. <https://www.cafelalaja.com.mx/conoce-la-laja/>

1.2 Misión y Visión empresariales

Empresa dedicada a la producción, comercialización y exportación de café; que a través de la innovación busca el desarrollo óptimo para la empresa, adaptándonos a las exigencias de nuestro entorno, avanzando con paso seguro y firme; generando confianza en nuestros proveedores y clientes.

1.2.1 Misión

Proporcionar productos y servicios de calidad, colaborando con el desarrollo de la agroindustria mexicana y generar así un crecimiento rentable para nuestros proveedores, colaboradores y accionistas.

1.2.2 Visión.

Ser líder en la producción, beneficiado y comercialización de café con sus derivados.

1.3 Planteamiento del problema

“La Laja”, cuenta con compras de café en diferentes puntos cercanos a la zona en donde se encuentra el beneficio con domicilio en Tlaltetela, Ver., para ello nos enfocamos en una sola que está ubicada en la Colonia Manuel González, Zentla, Ver. Carretera federal Paso del Macho – Huatusco.

Donde los productores de esta zona llevan el café durante todo el periodo de su cosecha, el cual comprende los meses de octubre a febrero. Cabe mencionar que Zentla es conocido por su gran variedad de tierras cafetaleras.

Sin embargo, durante el periodo de cosecha en la compra de café “La Laja” existe una desorganización en el reacomodo de los carros al momento de hacer fila para descargar el café. Después de pasar por la báscula tienen que esperar su turno, cabe mencionar que no todos los carros traen la misma cantidad de café y eso provoca retraso porque a mayor cantidad de café mayor tiempo de descarga, el personal encargado de vaciar el café tiene que hacer diferentes operaciones para poder descargar y darle paso al siguiente vehículo. El tiempo de atención es de 3 horas para poder recibir el café que es recolectado por los productores lo que provoca desespero e inconformidad de que el proceso es muy lento para descargar lo cosechado en tiempo y forma.

Todo esto se considera una problemática y por ello se busca implementar una mejora en el proceso y así lograr mayor satisfacción en los clientes.

El modelo de simulación permitirá observar la problemática y presentar alternativas que puedan ayudar a reducir el tiempo de espera y con esto optimizar el proceso. Lo que se traduce en un buen servicio dentro de la compra.

En la siguiente ilustración 2, se muestra la distribución que hay dentro de la compra de café. Así como el recorrido que sigue, indicado con las flechas en rojo.

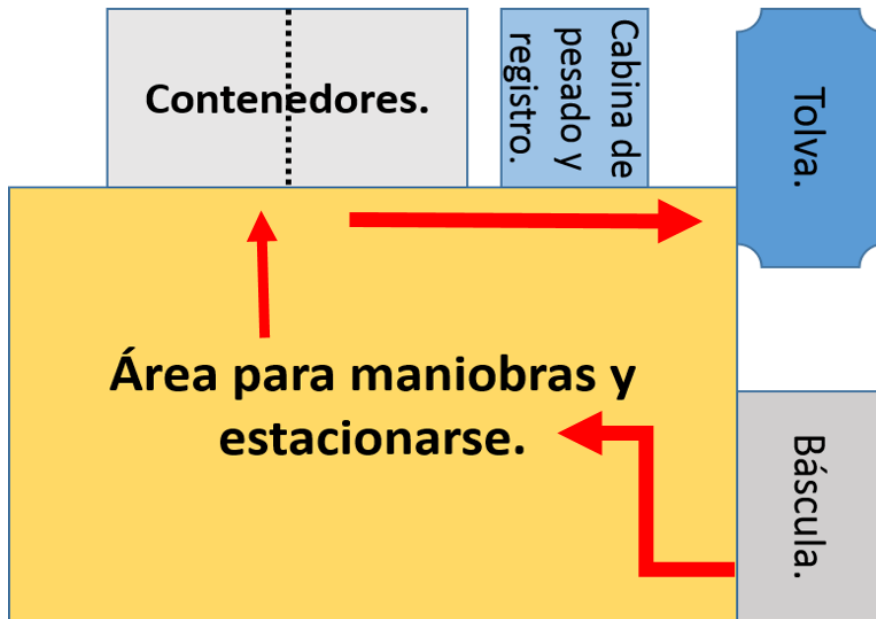


Ilustración 2 Distribución de planta.

Con base a la información proporcionada, la fila que se hace al momento de descargar el café es el proceso que provoca problemática e inconformidad, donde se pretende mejorar para brindar una buena atención al cliente.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general.

Realizar un modelo de simulación en la compra de café “La Laja” que permita optimizar el proceso de acopio del café, y así mismo presentar distintos escenarios de mejora dentro de dicho proceso.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Caracterización de las variables que intervienen en el proceso de acopio del café, así como la comprensión de este sistema.
- Diseño de un modelo base que represente el sistema de acopio, y definir un sistema de indicadores que permita evaluar las mejoras en el proceso.
- Propuestas de mejora a partir de escenarios que permitan analizar mejores prácticas en el proceso.

1.5 Hipótesis.

El desarrollo de un modelo de simulación del proceso de acopio de café, permitirá analizar diversas propuestas y seleccionar aquella que resulte de mayor conveniencia para la compra de café “La Laja”, agilizando dicho proceso, buscando con esta acción reducir las inconformidades manifestadas por el tiempo de espera de los clientes.

1.6 Conclusiones Capítulo 1.

El solucionar una situación o problemática hallada en algún proceso es de alta importancia, esto permite optimizar procesos, maximizar producciones y ganancias, según sea el caso.

Las situaciones halladas deben ser analizadas, buscar que las provoca y encontrar soluciones optimas que reparen la problemática. Es importante comprender que un proceso que no tenga limitantes brindara mejor beneficio.

En el caso que se está analizando, se encontró que, en temporada de cosecha de café, los centros de acopio o “compras de café” tienen mucha afluencia de vehículos, creando cuellos de botella en la descarga de café cereza.

Se pudo encontrar esto como una principal problemática para los productores dentro de este proceso, analizado el caso, se determinan los propósitos a cumplir con el desarrollo del proyecto.

En conclusión, una problemática debe ser analizada y solucionada en la brevedad posible, así como utilizar un método eficaz que dé el mejor de los resultados posibles.

Capítulo 2 Marco teórico y conceptual.

En este capítulo conoceremos conceptual y descriptivamente acerca de la simulación de manera teórica, ya que es parte fundamental de lo que se verá a continuación, así como sus variantes, tipos de simulación, usos, etc. Que serán de apoyo para el análisis del modelo.

2.1 Marco teórico.

2.1.1 Historia del café en la región.

La historia del café en Veracruz inicia a partir del siglo XVIII. El café se introdujo en la población gracias a los españoles y los franceses, que llegaron a la región con café arábigo. Así se inició una era que cambiaría la historia agrícola de la región.

En total se calcula que la región de Veracruz cuenta 139 mil hectáreas de cultivo, donde toman protagonismo variedades como la típica, bourbon, mundo novo, árnicá y caturra. En toda la región abundan tanto los grandes como pequeños caficultores. Más de 86.000 productores en toda la región.

Debido a la gran oferta de café que existe dentro del estado, han surgido diversos beneficios de café que se encargan de comprar su producción a los cafecultores para procesar y venderlo a terceros, ya sea dentro del país o en otros casos exportándolo.

Para realizar esta labor, los beneficios de café recurren al acopio de café distribuyendo en puntos estratégicos las “Compras de café”, esto, con la intención de que los productores tengan fácil acceso a la venta de su producción y poder buscar la captación de los productores que están alrededor de estas compras.

En dichos lugares, solo se dedican al acopio de café. Para ello, pesan el total de producto que lleves y te pagan su valor según la bolsa de valores diaria. Lo que genera que los precios varíen ya sea por centavos o pesos todos los días. Al igual que existe competencia entre diversos compradores, quienes llevan su café a distintos beneficios.

La competencia por la compra de café da oportunidad a los productores de buscar lo que más les convenga, ya sea por el precio que se ofrece, el servicio, el tiempo que tardan en ser atendidos, o la fidelidad a un solo comprador. Este último aspecto

ha comenzado a cambiar, debido a que las compras ofrecen un mejor precio y esto da mejor valor y ganancias a los productores.

Estos factores, provocan que las compras tengan más productores disponibles a venderles, con ello, hay más aglomeración de vehículos, más exceso de trabajo y más tiempo de espera en la venta de café.

2.1.2 Definición de simulación.

El concepto de simulación se cristalizó a principios de los años 1950 cuando se dio una gran importancia al proceso de dividir en partes a un problema para examinar la interacción simultánea de todas ellas. La simulación hizo posible llevar a cabo análisis integrados en su totalidad de los sistemas, los cuales solían ser demasiados complejos para hacerse analíticamente. Como se muestran en las siguientes definiciones.

- a) Pegden (1990): La simulación es un proceso de proyectar un modelo computacional de un sistema real y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender su comportamiento y evaluar estrategias para su operación.
- b) Schriber (1974): La simulación implica en el modelaje de un proceso o sistema, de tal forma que el modelo imite las respuestas del sistema real en una sucesión de eventos que ocurren a lo largo del tiempo.
- c) Thomas H. Naylor (citado en Coss R., 2005): Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de períodos largos de tiempo.
- d) Kelton, Sadowski &: Simulación es el proceso de proyectar y crear un modelo en un computador de un sistema real o propuesto, con el propósito de conducir experimentos numéricos para darnos una mejor comprensión del comportamiento de un dado sistema, dada una serie de condiciones.
- e) H. Maisel y G. Gnugnoli: Simulación es una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos, a través de largos periodos de tiempo.

- f) Robert E. Shannon: Simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales puede operar el sistema.

2.1.3 Tipos de simulación.

Dentro de la simulación existen diversas aplicaciones, por lo cual es necesario tener diferentes tipos de simulación acorde a las necesidades, a continuación se enlista cada uno de ellos y una breve descripción de cada término.

a) Simulación Discreta:

Modelación de un sistema por medio de una representación en la cual el estado de las variables cambia instantáneamente en instante de tiempos separados. (En términos matemáticos el sistema solo puede cambiar en instante de tiempo contables).

b) Simulación Continua:

Modelación de un sistema por medio de una representación en la cual las variables de estado cambian continuamente en el tiempo. Típicamente, los modelos de simulación continua involucran ecuaciones diferenciales que determinan las relaciones de las tasas de cambios de las variables de estado en el tiempo.

c) Simulación Combinada Discreta-Continua:

Modelación de un sistema por medio de una representación en la cual unas variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo y otras cambian instantáneamente en instante de tiempo separados.

Es una simulación en la cual interactúan variables de estado discretas y continuas.

Existen tres tipos de interacciones entre las variables de estado de este tipo de simulaciones:

- Un evento discreto puede causar un cambio discreto en el valor de una variable de estado continua.
- Un evento discreto puede causar que la relación que gobierna una variable de estado continua cambie en un instante de tiempo en particular.
- Una variable de estado continua de punto de partida puede causar que un evento discreto ocurra, o sea, programado.

d) Simulación Determinística y/o Estocástica:

Una simulación determinística es aquella que utiliza únicamente datos de entrada determinísticos, no utiliza ningún dato de entrada azaroso. En cambio un modelo de simulación estocástico incorpora algunos datos de entrada azarosos al utilizar distribuciones de probabilidad.

e) Simulación estática y dinámica:

La simulación estática es aquella en la cual el tiempo no juega un papel importante, en contraste con la dinámica en la cual si es muy importante.

f) Simulación con Orientación hacia los eventos:

Modelaje con un enfoque hacia los eventos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los eventos que ocurren instante a instante, registrando el estado de todos los eventos, entidades, atributos y variables del modelo en todo momento.

g) Simulación con Orientación hacia procesos:

Modelaje con un enfoque de procesos, en el cual la lógica del modelo gira alrededor de los procesos que deben seguir las entidades. Es cierta forma, es un modelaje basado en un esquema de flujo grama de procesos, el cual se hace es un seguimiento a la entidad a través de la secuencia de procesos que debe seguir.

Simulación. (S. f.). simulacion. <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/simulacio.html>

2.1.4 Conceptos básicos del modelo.

Definidos los tipos de simulación se procede a conocer los conceptos básicos que permitan comprender el funcionamiento del modelo.

- Modelación: Es aquello que sirve para representar o describir otra cosa es decir crea prototipos (1° diseño), el modelo puede tener una forma semejante o ser totalmente distinto del objeto real.
 - Modelo: Se puede definir como una representación simplificada de un sistema real, un proceso o una teoría, con el que se pretende aumentar su comprensión hacer predicciones y posiblemente ayudar a controlar el sistema.
 - Existen 3 formas de modelos:
- * Icónico: Versión a escala del objeto real y con sus propiedades más o menos relevantes.

- * Analógico: Modelo con apariencia física distinto al original, pero con comportamiento representativo.
- * Analítico: Relaciones matemáticas o lógicas que representan leyes físicas que se cree gobiernan el comportamiento de la situación bajo investigación.

- Su utilidad puede tener las siguientes matrices:

- * Ayuda para aclarar el pensamiento acerca de un área de interés.
- * Como una ilustración de concepto.
- * Como una ayuda para definir estructura y lógica.
- * Como un prerrequisito al diseño.

La actividad de diseñar está interesada en definir cómo lograr un determinado propósito. Sin embargo, previamente al diseño esta la etapa de decidir que se va a diseñar. La modelación conceptual es necesaria en esta etapa.

2.1.5 Muestreo.

En ocasiones en que no es posible o conveniente realizar un censo (analizar a todos los elementos de una población), se selecciona una muestra, entendiendo por tal una parte representativa de la población.

El muestreo es por lo tanto una herramienta de la investigación científica, cuya función básica es determinar que parte de una población debe examinarse, con la finalidad de hacer inferencias sobre dicha población. La muestra debe lograr una representación adecuada de la población, en la que se reproduzca de la mejor manera los rasgos esenciales de dicha población que son importantes para la investigación.

Para que una muestra sea representativa, y por lo tanto útil, debe de reflejar las similitudes y diferencias encontradas en la población, es decir ejemplificar las características de ésta.

Los errores más comunes que se pueden cometer son:

1. Hacer conclusiones muy generales a partir de la observación de sólo una parte de la Población, se denomina error de muestreo.
2. Hacer conclusiones hacia una Población mucho más grandes de la que originalmente se tomó la muestra. Error de Inferencia.

En la estadística se usa la palabra población para referirse no sólo a personas sino a todos los elementos que han sido escogidos para su estudio y el término muestra se usa para describir una porción escogida de la población.

Existen diferentes criterios de clasificación de los diferentes tipos de muestreo, aunque en general pueden dividirse en dos grandes grupos: métodos de muestreo probabilísticos y métodos de muestreo no probabilísticos.

2.1.5.1 Muestra aleatoria simple.

El procedimiento empleado es el siguiente:

- 1) Se asigna un número a cada individuo de la población.
- 2) A través de algún medio mecánico (bolas dentro de una bolsa, tablas de números aleatorios, números aleatorios generados con una calculadora u ordenador, etc.) se eligen tantos sujetos como sea necesario para completar el tamaño de muestra requerido. Este procedimiento, atractivo por su simpleza, tiene poca o nula utilidad práctica cuando la población que estamos manejando es muy grande.

2.1.5.2 Muestra aleatoria estratificada.

Trata de obviar las dificultades que presentan los anteriores ya que simplifican los procesos y suelen reducir el error muestral para un tamaño dado de la muestra. Consiste en considerar categorías típicas diferentes entre sí (estratos) que poseen

gran homogeneidad respecto a alguna característica (se puede estratificar, por ejemplo, según la profesión, el municipio de residencia, el sexo, el estado civil, etc.).

Lo que se pretende con este tipo de muestreo es asegurarse de que todos los estratos de interés estarán representados adecuadamente en la muestra. Cada estrato funciona independientemente, pudiendo aplicarse dentro de ellos el muestreo aleatorio simple o el estratificado para elegir los elementos concretos que formarán parte de la muestra. En ocasiones las dificultades que plantean son demasiado grandes, pues exige un conocimiento detallado de la población. (Tamaño geográfico, sexos, edades).

La distribución de la muestra en función de los diferentes estratos se denomina afijación, y puede ser de diferentes tipos:

Afijación Simple: A cada estrato le corresponde igual número de elementos muestrales.

Afijación Proporcional: La distribución se hace de acuerdo con el peso (tamaño) de la población en cada estrato.

Afijación Óptima: Se tiene en cuenta la previsible dispersión de los resultados, de modo que se considera la proporción y la desviación típica. Tiene poca aplicación ya que no se suele conocer la desviación.

2.1.6 Pruebas de Bondad de ajuste.

Estas pruebas permiten verificar que la población de la cual proviene una muestra tiene una distribución especificada o supuesta.

Sea X : variable aleatoria poblacional

$f_0(x)$ la distribución (o densidad) de probabilidad especificada o supuesta para X .

Se desea probar la hipótesis: $H_0: f(x) = f_0(x)$

En contraste con la hipótesis alterna:

$H_a: f(x) \neq f_0(x)$ (negación de H_0).

2.1.6.1 Prueba Chi-cuadrada.

Esta prueba es aplicable para variables aleatorias discretas o continuas. Sea una muestra aleatoria de tamaño n tomada de una población con una distribución especificada $f_0(x)$ que es de interés verificar. Suponer que las observaciones de la muestra están agrupadas en k clases, siendo o_i la cantidad de observaciones en cada clase $i = 1, 2, \dots, k$. Con el modelo especificado $f_0(x)$ se puede calcular la probabilidad p_i que un dato cualquiera pertenezca a una clase i .

Con este valor de probabilidad se puede encontrar la frecuencia esperada e_i para la clase i , es decir, la cantidad de datos que según el modelo especificado deberían estar incluidos en la clase i : $e_i = p_i n, i = 1, 2, \dots, k$

Tenemos entonces dos valores de frecuencia para cada clase i

- f_i : frecuencia observada (corresponde a los datos de la muestra)
- e_i : frecuencia esperada (corresponde al modelo propuesto)

La teoría estadística demuestra que la siguiente variable es apropiada para realizar una prueba de bondad de ajuste: Estadístico para la prueba de bondad de ajuste Ji-cuadrado

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (f_i - e_i)^2}{e_i}$$

Distribución Ji-cuadrado con $v=k-r-1$ grados de libertad Dado un nivel de significancia α se define un valor crítico χ^2_{α} para el rechazo de la hipótesis propuesta

$$H_0 : f(x) = f_0(x).$$

2.1.6.2 Prueba de Kolmogorov-Smirnov.

La prueba de bondad de ajuste de Pearson se encuentra limitada cuando $F_0(x)$ es continua y la muestra aleatoria disponible es de tamaño pequeño. Una prueba de bondad cuando $F_0(x)$ es continua es la de Kolmogorov-Smirnov. No necesita que los datos estén agrupados en intervalos y es aplicable cuando la muestra es pequeña. Ésta se basa en una comparación entre las funciones de distribución acumulativas que se observan en la muestra ordenada y en la distribución propuesta bajo la hipótesis nula.

Consideremos la hipótesis nula $H_0: F(x)=F_0(x)$, en donde $F_0(x)$ se especifica de forma completa. Denótese por $X(1), X(2), \dots, X(n)$ a las observaciones ordenadas de una muestra aleatoria de tamaño n ; y defínase la función de distribución acumulativa muestral como

$$S_n(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x < X(1) \\ \frac{k}{n} & \text{si } X(k) \leq x < X(k+1) \\ 1 & \text{si } X(n) \leq x \end{cases}$$

Si la hipótesis nula es correcta las diferencias entre $S_n(x)$ y $F_0(x)$ serán pequeñas. El estadístico de Kolmogorov-Smirnov se define como

$$D_n = \frac{\max}{n} |S_n(x) - F_0(x)|$$

El estadístico D_n tiene una distribución que es independiente del modelo propuesto bajo la hipótesis nula, y depende tan solo del tamaño de la muestra. Para un error de tipo I de tamaño, la región crítica es de la forma.

$$P\left(D_n > \frac{c}{\sqrt{n}}\right) =$$

2.1.6.3 Prueba de Anderson-Darling.

El estadístico Anderson-Darling mide qué tan bien siguen los datos una distribución específica. Para un conjunto de datos y distribución en particular, mientras mejor se ajuste la distribución a los datos, menor será este estadístico.

Las hipótesis para la prueba de Anderson-Darling son:

- H_0 : Los datos siguen una distribución especificada
- H_1 : Los datos no siguen una distribución especificada

Utilice el valor p correspondiente (si está disponible) para probar si los datos provienen de la distribución elegida. Si el valor p es menor que un nivel de significancia elegido (por lo general 0.05 o 0.10), entonces rechace la hipótesis nula de que los datos provienen de esa distribución. Minitab no siempre muestra un valor p para la prueba de Anderson-Darling, porque este no existe matemáticamente para ciertos casos.

También puede utilizar el estadístico de Anderson-Darling para comparar el ajuste de varias distribuciones con el fin de determinar cuál es la mejor. Sin embargo, para concluir que una distribución es la mejor, el estadístico de Anderson-Darling debe ser sustancialmente menor que los demás. Cuando los estadísticos están cercanos

entre sí, se deben usar criterios adicionales, como las gráficas de probabilidad, para elegir entre ellos.

2.1.7 Tamaño de la muestra.

El tamaño de muestra permite a los investigadores saber cuántos individuos son necesarios estudiar, para poder estimar un parámetro determinado con el grado de confianza deseado, o el número necesario para poder detectar una determinada diferencia entre los grupos de estudio, suponiendo que existiese realmente. El cálculo del tamaño de la muestra es una función matemática que expresa la relación entre las variables, cantidad de participantes y poder estadístico.

La muestra de un estudio debe ser representativa de la población de interés. El objetivo principal de seleccionarla es hacer inferencias estadísticas acerca de la población de la que proviene. La selección debe ser probabilística.

Una muestra demasiado grande dará lugar a la pérdida de valiosos recursos como tiempo y dinero, mientras que una muestra pequeña puede no proporcionar información confiable.

El tamaño de la muestra puede ser:

Representativa: Hace referencia a que todos los miembros de un grupo de personas tengan las mismas oportunidades de participar en la investigación.

Adecuada: Se refiere a que el tamaño de la muestra debe de ser obtenido mediante un análisis que permite resultados como disminuir el margen de error.

Determinar el tamaño de la muestra mediante un cálculo de la misma.

Como calcular el tamaño de muestra para una población finita

$$n = \frac{N * Z^2_{\infty} * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2_{\infty} * p * q}$$

Tu nivel de confianza corresponde a una puntuación Z. Este es un valor constante necesario para esta ecuación. Aquí están las puntuaciones Z para los niveles de confianza más comunes:

90% - Puntuación Z = 1,645

95% - Puntuación Z = 1.96

99% - Puntuación Z = 2.576

Dr. Iván Espinoza Salvadó. (2016). Tipos De Muestreo. 2016, De Unidad De Investigación Científica Facultad De Ciencias Médicas : <http://65.182.2.244/Honduras/Tipos.De.Muestreo.Marzo.2016.Pdf>

2.1.8 TIPOS DE VARIABLES.

Una variable es cualquier condición susceptible de modificarse o de variar en cuanto a cantidad y calidad; por eso se llama "variable". La variable debe ser medible, es decir que se le puedan asignar símbolos (en general números), según una serie de reglas; por eso se define también a la variable como "una propiedad que adquiere distintos valores" y como "un símbolo 01 que se le asignan números o valores".

Las principales clases de variables que se suelen tener en cuenta en la investigación son:

Variable Independiente.

Es el elemento, fenómeno, situación, etc. Que explica, condiciona, determina o causa la presencia, cantidad o calidad de otro elemento, fenómeno, situación, etc.

Es una variable antecedente, es decir la que, por lo menos en cuanto influencia, es anterior a la dependiente. Es aquella a partir de la cual se predice otra y sus variaciones: "Si ocurre A... entonces ocurre B"; si varía A... entonces variará B".

En los trabajos experimentales, la variable independiente es lo que el experimentador manipula o hace variar para ver que paso en la variable dependiente. A la variable independiente se le nombra con la letra X, y en una representación gráfica de dos ejes ortogonales, va representada en el eje de las abscisas, o eje X.

Variable Dependiente.

Es el elemento, fenómeno o situación que es explicado, condicionado, determinado o causado por la variable independiente. Según los autores de la Escuela Psicológica de YALE, "la frustración produce agresividad": "frustración" es la variable independiente, y "agresividad" es la variable dependiente porque depende de la que suceda en la variable independiente; así el mayor o menor aprendizaje depende del mayor o menor número de horas de dedicación. En la representación gráfica se llama Y, y va expresada en el eje de las ordenadas.

Esta división de variables independientes y dependientes es arbitraria: una variable que ahora es independiente puede hacerse dependiente y viceversa.

Variable aleatoria.

Se llama variable aleatoria a toda función que asocia a cada elemento del espacio muestral E un número real.

Se utilizan letras mayúsculas $X, Y, \dots$ para designar variables aleatorias, y las respectivas minúsculas $(x, y, \dots)$ para designar valores concretos de las mismas.

Variables aleatorias continuas.

Una variable continua es aquella que puede tomar un número infinito de valores entre dos valores cualesquiera de una característica.

Son variables que están contenidas en una escala continua, de manera que cada uno de los posibles individuos o grupos puede tener su propia puntuación.

Estas puntuaciones o valores tienen cierta jerarquía, unos respecto de otros, de manera que "estos valores" son menores que "estos otros". Teóricamente los intervalos de valores pueden ser infinitamente pequeños.

Variables aleatorias discretas.

Una variable discreta es aquella que solo puede tomar un número finito de valores entre dos valores cualesquiera de una característica.

2.2 Conclusión Capítulo 2.

Como parte de este capítulo es importante comprender toda la metodología que conlleva el desarrollo del proyecto, analizando toda la parte conceptual.

La comprensión del modelo es la parte fundamental para el desarrollo del mismo. Así como la importancia de saber teóricamente de que se está trabajando.

Recabar información de fuentes confiables que de un mayor entendimiento a lo que se quiere llegar, sin generar confusión.

Capítulo 3 Metodología y Desarrollo.

En el presente capítulo se describe el proceso de acopio del café, así como la descripción de cada una de las fases y la problemática que hay dentro. La utilización de software SIMIO y la obtención de las distribuciones STAT::FIT para el desarrollo del modelo.

3.1 Introducción a la Metodología

Para llevar a cabo el modelo de simulación se siguió la metodología presentada por Law (1982) la cual consiste en dividir el modelo en tres etapas, estas son:

Información: En esta primera etapa, se lleva a cabo la conceptualización de la situación, a partir de la construcción de un modelo utilizando diagramas de flujo, o diagramas de proceso con la intención de comprender los flujos e interacciones que se llevan a cabo en el sistema. Es importante mencionar que en esta parte del proceso también se lleva a cabo el muestreo de los datos y la caracterización de las variables aleatorias.

Diseño: En esta parte del proceso se construye el modelo de simulación básico y con este se hace la verificación por parte del encargado o persona dueña del sistema donde se está llevando a cabo el modelo. Posteriormente se realiza la validación estadística. Si esta parte del proceso ocurre de forma adecuada, se prosigue con la parte del análisis

Análisis: Una vez verificado y validado el modelo de simulación, lo que prosigue es experimentar en este modelo con la intención de buscar mejoras y hacer las recomendaciones pertinentes a los dueños del sistema.

Partiendo de este orden de ideas, en las siguientes páginas se muestra el desarrollo del modelo.

3.2 Obtención de la información.

Como se mencionó en la problemática, durante el periodo de cosecha en la compra de café “La Laja” existe una desorganización en el reacomodo de los vehículos al momento de hacer fila para descargar el café. Después de pasar por la báscula, tienen que esperar su turno cabe mencionar que no todos los vehículos traen la misma cantidad de café y eso provoca retraso porque a mayor cantidad de café mayor tiempo de descarga, el personal encargado de vaciar el café tiene que hacer diferentes operaciones para poder descargar y darle paso al siguiente vehículo. El tiempo de atención es de 3 horas para poder recibir el café que es recolectado por los productores lo que provoca desespero e inconformidad de que el proceso es muy lento para descargar lo cosechado en tiempo y forma.

El diagrama siguiente (ilustración 3) muestra la forma en cómo se lleva a cabo este proceso

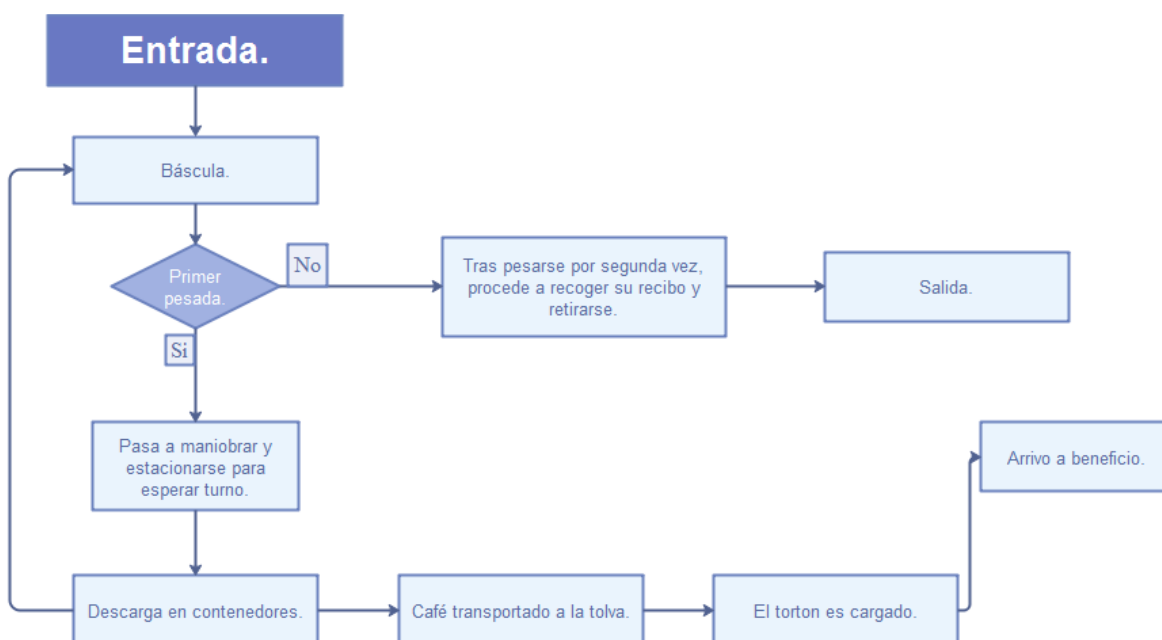


Ilustración 3 diagrama de flujo del proceso.

La imagen anterior muestra el diagrama de flujo dentro de la compra de café. En ella se observa cada uno de las áreas con las cuales se cuenta, así como el recorrido que sigue el proceso.

A continuación, se describe en que consiste cada una de estas áreas.

Proceso de acopio

1. Bascula

Los carros deben pasar por una báscula industrial, la cual pesará el vehículo junto con el café que lleva. Donde el peso es registrado con el personal encargado.

2. Estacionamiento y maniobras

Aquí se acomoda el vehículo para entrar de reversa y poder descargar el café, teniendo precaución con los demás vehículos y con las personas que suelen estar en esta área esperando su turno.

3. Contenedores

Los vehículos entran de reversa en los contenedores, es aquí donde se comienza la descarga del café, contando con dos contenedores es lo máximo que se puede atender al mismo tiempo.

4. Descarga

Solo hay 2 empleados encargados de la descarga, por lo que no es simultánea la atención de los dos vehículos que están en los contenedores, lo que provoca el retraso en la descarga del café.

5. Elevadores y tolva.

Una vez descargado el café en los contenedores este es transportado por bandas y elevadores, el café transita a través de ellos y se va vaciando poco a poco el café que está en los contenedores, esto para dar paso al café que está llegando a través del siguiente vehículo.

La compra cuenta con una sola entrada-salida, por lo que debe haber mucha precaución por parte de los conductores para evitar algún tipo de accidente.

A 70 metros de la entrada se encuentra una báscula industrial para pesar los vehículos, y en la cabina de registro se toma nota del peso. Al salir de la báscula, el vehículo maniobra para estacionarse de reversa en los contenedores y poder descargar el café. Hay solo dos contenedores, por lo que, si hay más vehículos, estos deberán estacionarse en el área de maniobras y esperar su turno.

Una vez que el vehículo fue descargado debe regresar a la báscula para pesarse nuevamente y encontrar la diferencia de peso, lo que nos dará el peso neto que se he llevado a vender. Aquí nuevamente debemos esperar que la báscula este libre para ser utilizada por quien va a salir.

3.2.1 Recolección de datos.

El análisis comenzó con la observación del proceso de acopio. Identificando que actividades que realizan, los movimientos, las rutas que sigue todo el proceso, el personal que interviene, la capacidad de la tolva y el carro que lleva el café desde el centro de acopio hasta el beneficio.

Teniendo comprendido el proceso, se realizó la toma cronometrada de los tiempos que lleva la realización de cada una de estas actividades.

Las tomas se realizaron mediante una muestra representativa con días alternados según una distribución. Y estos son la base para encontrar el tipo de distribución que llevan los tiempos de realización del acopio, con lo cual, se busca la optimización del mismo.

Las variables aleatorias consideradas para llevar a cabo el proceso fueron:

- Hora entre llegada
- Pesada Inicial
- Tiempo de estacionamiento
- Descarga del vehículo

- Regreso a la báscula
- Pesada final

Los tiempos se tomaron usando un cronómetro y posteriormente se convirtieron a minutos centesimales para un mejor manejo y para poder ingresarlos en el programa de ajuste de datos aleatorios Stat::Fit. Los tiempos fueron tomados en distintos días, y se organizaron de la siguiente manera:

Muestra	Hora entre llegadas	Pesada inicial	Tiempo de estacionamiento	Descarga del vehículo	Regreso a la báscula	Pesada final
1	04:35	0.31	0.74	3.06	0.29	0.24
2	04:40	0.25	1.05	2.42	0.25	0.22
3	04:48	0.29	0.89	2.64	0.25	0.21
4	05:03	0.36	0.77	3.08	0.30	0.36
5	05:27	0.28	1.13	4.20	0.28	0.25
6	05:35	0.17	0.50	4.04	0.80	0.24
7	05:47	0.16	2.00	2.63	0.74	0.20
8	06:02	0.35	1.90	7.39	0.50	0.18
9	06:27	0.20	0.61	2.62	0.27	0.23
10	06:39	0.25	0.78	5.87	0.33	0.25
DÍA 1						
11	04:26	0.53	1.27	4.27	0.34	0.39
12	04:30	0.24	0.88	6.97	0.23	0.41
13	04:44	0.25	0.89	5.83	0.31	0.21
14	04:50	0.54	0.83	5.06	0.44	0.28
15	04:57	0.28	0.92	6.33	0.23	0.21
16	05:14	0.60	0.85	5.11	0.45	0.48
17	05:26	0.41	0.67	1.71	0.24	0.26
18	05:41	0.30	0.42	3.45	0.27	0.22
19	06:03	0.33	0.81	3.51	0.25	0.23
20	06:21	0.44	1.00	2.35	0.40	0.14
21	06:35	0.37	1.18	3.00	0.23	0.24
DIA 2						
22	04:28	0.24	0.65	0.81	0.27	0.28
23	04:41	0.28	0.91	2.53	0.19	0.34
24	04:52	0.35	0.76	2.13	0.24	0.28
25	05:03	0.38	0.66	0.99	0.23	0.21
26	05:09	0.40	0.89	1.22	0.21	0.19

27	05:16	0.28	0.76	3.01	0.30	0.23
28	05:19	0.28	0.58	2.36	0.27	0.24
29	05:29	0.26	0.93	4.46	0.27	0.21
30	05:31	0.26	0.63	4.34	0.31	0.22
31	05:35	0.24	0.62	2.65	0.27	0.25
32	05:43	0.27	0.75	5.03	0.20	0.26
33	05:49	0.31	0.53	2.11	0.27	0.30
DIA 3						
34	04:35	0.57	1.78	1.82	0.67	0.58
35	04:44	0.64	0.56	5.03	0.57	0.47
36	04:45	0.49	0.64	2.50	0.46	0.50
37	04:47	0.39	0.47	10.48	0.50	0.30
38	04:58	0.40	0.41	1.80	0.29	0.41
39	05:07	0.50	0.49	3.44	0.34	0.29
40	05:09	0.30	0.48	3.87	0.29	0.32
41	05:11	0.37	0.32	2.55	0.25	0.32
42	05:16	0.27	0.30	6.79	0.32	0.30
43	05:22	0.51	0.69	3.39	0.52	0.23
44	05:30	0.41	1.84	7.47	0.31	0.34
45	05:45	0.59	2.18	2.49	2.11	0.34
DIA 4						
46	04:35	0.20	1.74	7.98	0.30	0.14
47	04:37	0.16	0.58	2.55	0.39	0.19
48	04:46	0.28	1.37	7.57	0.50	0.25
49	04:55	0.40	0.76	9.72	0.30	0.26
50	05:31	0.25	0.74	2.77	0.31	0.23
51	05:40	0.38	0.95	4.34	0.29	0.38
52	05:56	0.24	0.61	3.43	0.25	0.20
DIA 5						
53	04:19	0.22	1.04	3.90	0.23	0.19
54	04:29	0.47	1.34	0.99	0.27	0.30
55	04:35	0.24	0.54	1.88	0.27	0.31
56	04:41	0.51	0.65	4.35	0.15	0.39
57	04:55	0.25	0.55	1.85	0.19	0.15
58	04:57	0.27	0.18	2.29	0.27	0.13
59	05:07	0.21	0.92	5.79	0.27	0.20
60	05:10	0.27	0.18	2.46	0.15	0.39
61	05:13	0.22	0.71	7.64	0.23	0.24
62	05:28	0.12	0.98	4.76	0.29	0.17
63	05:40	0.17	0.80	3.56	0.38	0.36

Ilustración 4 Muestras recolectadas.

3.2.2 Ajuste de las variables aleatorias

Para determinar el tipo de distribución de probabilidad que siguen las variables aleatorias fue necesario el uso del software Stat::fit.

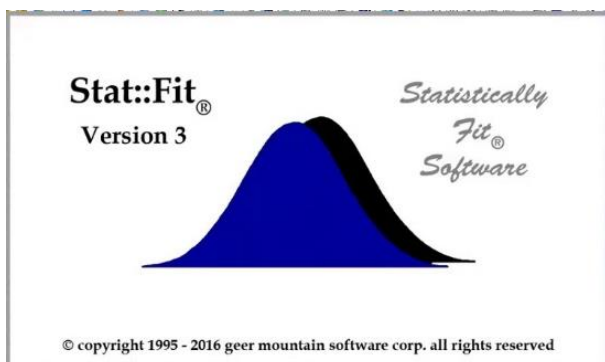


Ilustración 5 Caratula programa Stat::Fit

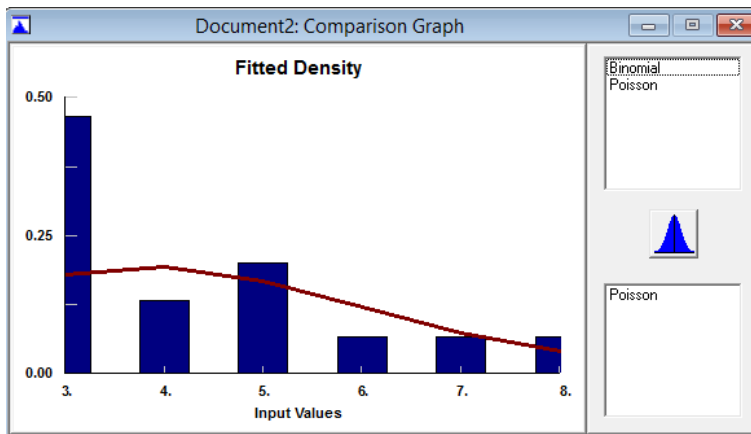
Las imágenes siguientes muestran los resultados obtenidos en Stat::Fit, alimentado con los datos de las muestras presentadas en la sección anterior. Estas están separadas según las partes que conforman el proceso y mencionan el tipo de distribución a utilizar dentro de nuestro modelo.

A continuación, se presenta la parte del proceso (variable aleatoria), el tipo de distribución, las gráficas de distribución y en algunos apartados, la tabla con los datos.

Hora entre llegadas:

Document2: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Poisson[4.33]	100	do not reject
Binomial[12., 0.361]	84.6	do not reject

Para este apartado se utilizara una distribución de Poisson, configurando el Interarrival Time: Random.Poisson(13.9)

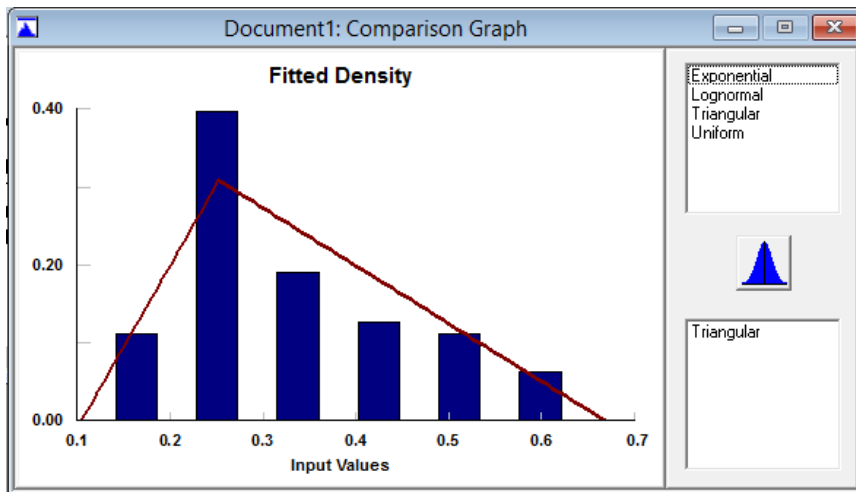


La grafica muestra la distribución de los datos.

Pesada inicial:

Document1: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(1.95e-003, -1.18, 0.36)	100	do not reject
Triangular(0.105, 0.667, 0.252)	19.4	do not reject
Uniform(0.12, 0.641)	7.65e-005	reject
Exponential(0.12, 0.21)	0.	reject

En la báscula, para la pesada inicial será utilizado Random.Triangular (0.105, 0.252 ,.667) para simular el tiempo que tarda cada vehículo al pasar inicialmente por la báscula.

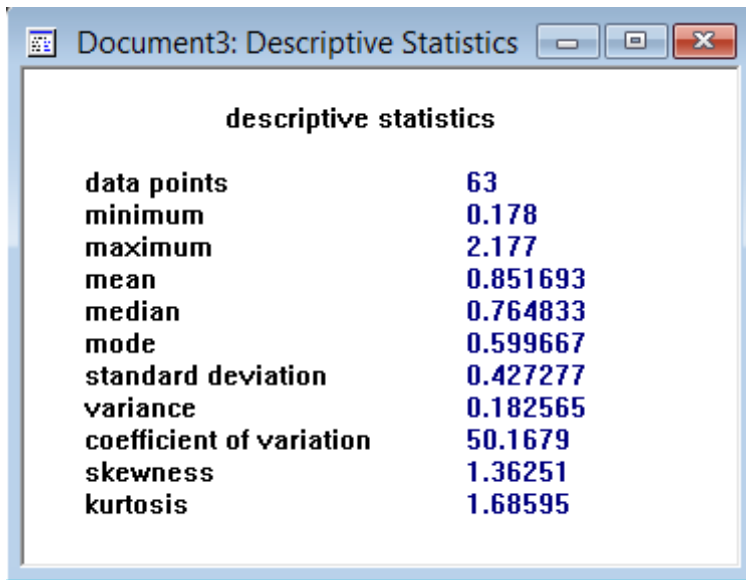


La grafica representa la distribución de los datos.

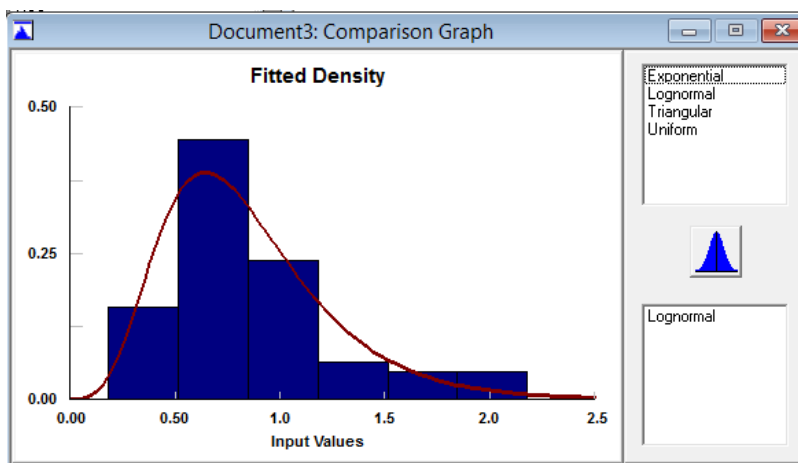
Tiempo de estacionamiento:

Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal[-0.184, -3.99e-002, 0.383]	100	do not reject
Triangular[9.62e-002, 2.25, 0.561]	1.07e-002	reject
Exponential[0.178, 0.674]	0.	reject
Uniform[0.178, 2.18]	0.	reject

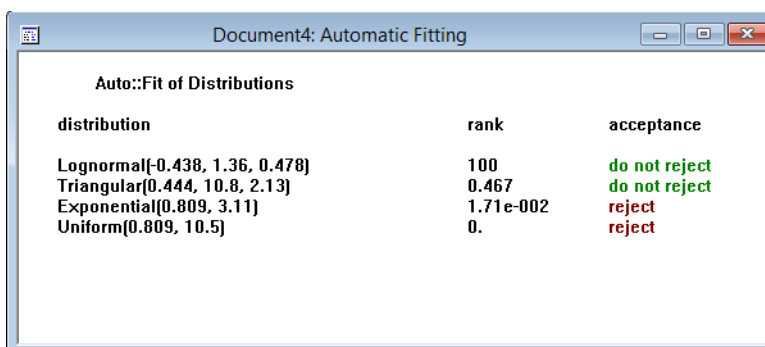
Para determinar el tiempo en el cual un vehículo va desde la báscula hasta el área de descarga del café se realiza el uso de Random.Lognormal (0.764833 , 0.427277), este dará el tiempo entre maniobrar, estacionarse y acomodar el vehículo.



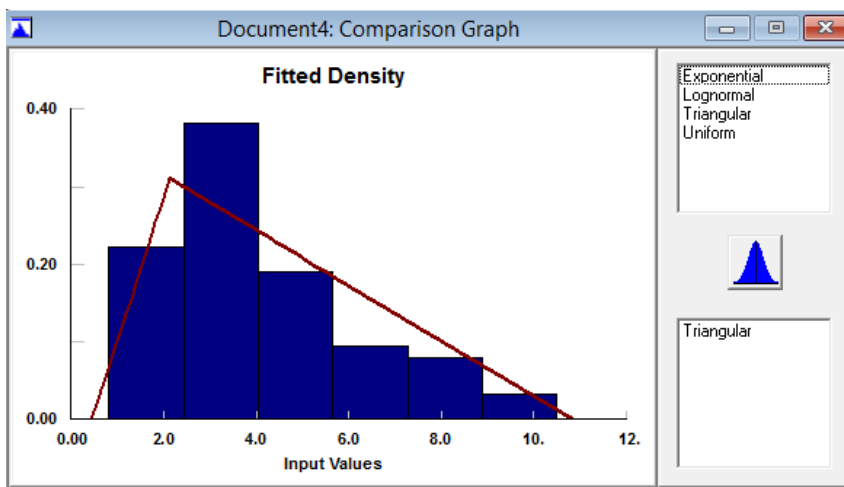
Para hacer uso de la distribución Lognormal es necesario conocer la media y la desviación de los resultados, haciendo uso de los datos obtenidos en este apartado.



Descarga del vehículo:



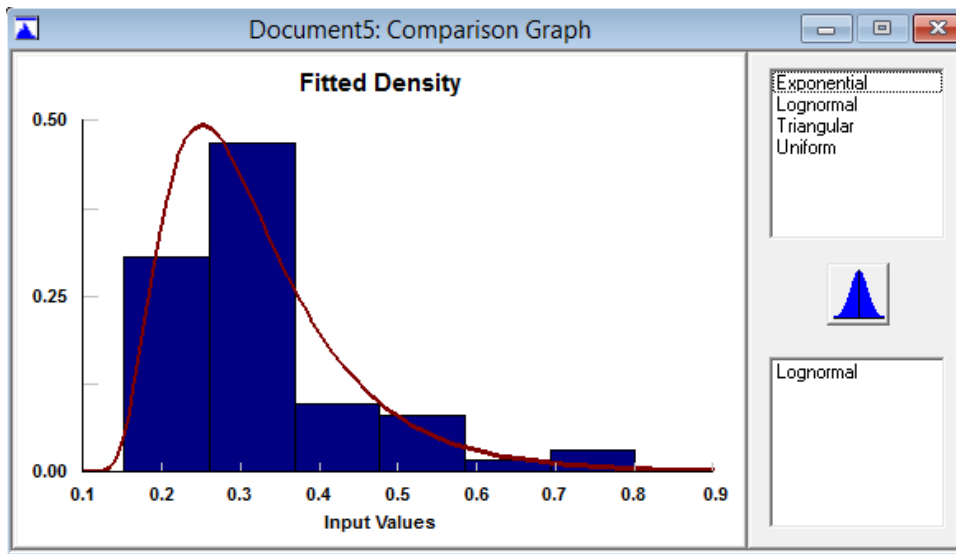
El tiempo que es utilizado para la descarga del café se obtendrá a partir de una distribución Random.Triangular (0.81, 3.4333, 10.8)



Regreso a la báscula:

Document5: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(0.1, -1.63, 0.512)	100	do not reject
Exponential(0.152, 0.172)	2.06e-003	reject
Triangular(0.129, 0.819, 0.233)	0.	reject
Uniform(0.152, 0.801)	0.	reject

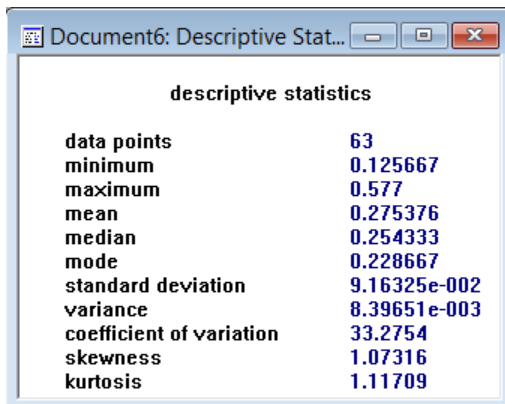
Esta parte del proceso representa el tiempo que toma el vehículo después de vaciar para regresar a la báscula, cabe mencionar que esta parte del trayecto es más sencilla, puesto que ya no lleva el peso que inicialmente transportaba. La distribución a usar es Random.Lognormal(0.764833 ,0.427277)



Pesada final:

Document6: Automatic Fitting		
Auto::Fit of Distributions		
distribution	rank	acceptance
Lognormal(3.71e-002, -1.5, 0.37)	100	do not reject
Normal(0.275, 9.09e-002)	3.15	do not reject
Triangular(0.11, 0.59, 0.207)	0.195	reject
Exponential(0.126, 0.15)	1.19e-004	reject
Uniform(0.126, 0.577)	0.	reject

Todos los vehículos deben pesarse por segunda vez para encontrar la diferencia de carga que se está transportando. De igual manera que lo mencionado anteriormente, al no llevar la misma cantidad de peso, esta segunda pesada es más rápida que la anterior, usando `Random.Lognormal (0.275 ,0.00916)`.



descriptive statistics	
data points	63
minimum	0.125667
maximum	0.577
mean	0.275376
median	0.254333
mode	0.228667
standard deviation	9.16325e-002
variance	8.39651e-003
coefficient of variation	33.2754
skewness	1.07316
kurtosis	1.11709

Los datos de la media y la desviación fueron obtenidos de la tabla anterior.

A manera de resumen, las distribuciones que se utilizarán para cada variable son las siguientes:

Tipo de proceso	Distribución
Nombre de la variable aleatoria	
Hora entre llegada	Random.Poisson(13.9)
Pesada Inicial	Random.triangular (0.105,0.252,0.667)
Tiempo de estacionamiento	Random.Lognormal (0.764833,0.427777)
Descarga del vehículo	Random.triangular (0.81,3.4333,10.8)
Regreso a la báscula	Random.Lognormal (0.764833,0.427277)
Pesada final	Random.Lognormal (0.275,0.00916)

3.3 Diseño.

3.3.1 Modelo base.

La primera parte del proceso de Análisis consiste en obtener un modelo de simulación básico el cual represente la situación mostrada en el punto anterior, el modelo se presenta en la siguiente imagen.

El modelo de simulación será realizado en el software de SIMIO®.

Este modelo tomará en cuenta los tiempos y las estaciones o locaciones (en este orden) para:

1. Pesar.
2. Estacionar el vehículo para la descarga.
3. Estación de descarga (contenedores).
4. Regreso a la báscula.
5. Pesada final (para encontrar el peso neto).
6. Tolla (almacenamiento de café).
7. Vehículo transportador del café al beneficio y el regreso por el resto del café.
8. Carretera compra-beneficio.

El modelo permitirá interactuar con los movimientos realizados para buscar una mejora en el desarrollo de las actividades.

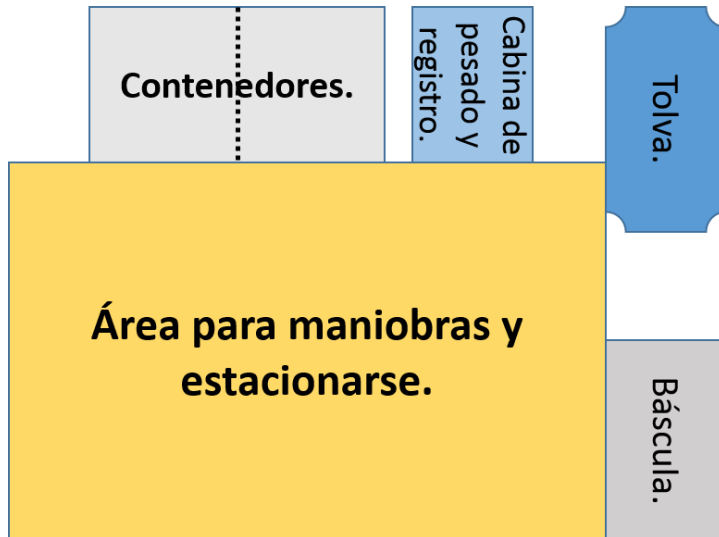


Ilustración 6 Distribución de la compra.

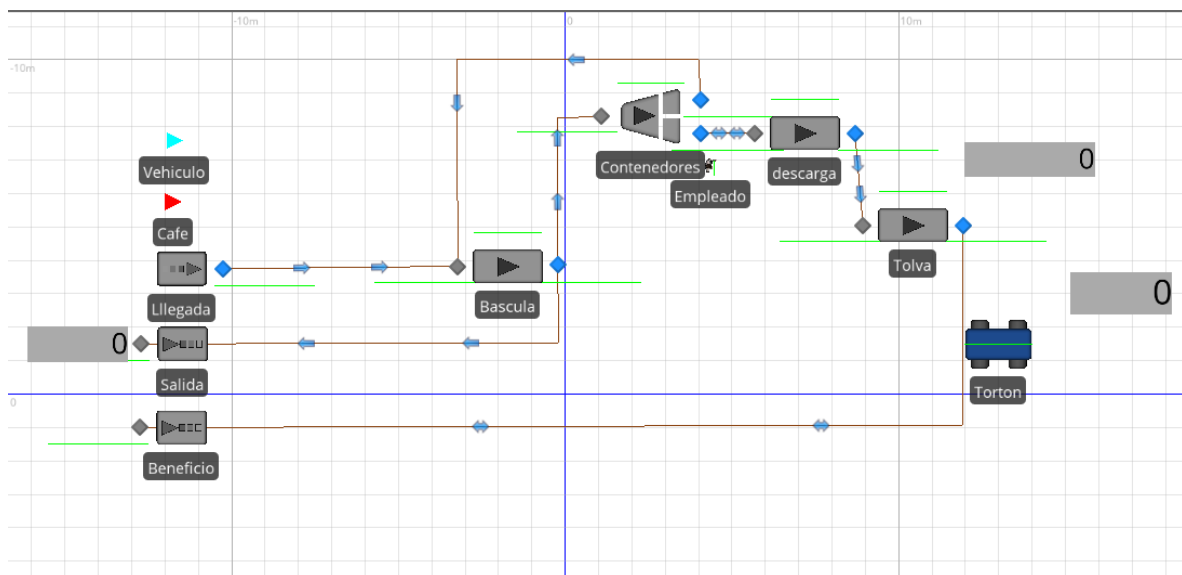


Ilustración 7 Modelo en Simio

Para el desarrollo del modelo y la representación de este se utilizan diferentes entidades las cuales realizan las funciones del sistema, estas están a continuación acompañadas de la descripción de cada una de ellas.

Entidad en Simio®	Descripción.	Representación.
 ModelEntity	Representa la entidad, recursos, producto, etc. Que se necesita para llevar a cabo la actividad o tarea. Estas van de inicio a fin y pasan por todo el proceso. En el modelo existen dos.	• En color azul: Vehículo con café. • En color rojo: Café.
 Source	Sirve para representar la llegada de las entidades, representa el inicio del proceso.	• Entrada/Llegada de Vehículos.
 Server	Representa la realización de las tareas o actividades del modelo, en ella se especifican los tiempos, cantidades, etc. Que se realizaran ahí.	• Bascula. • Tolva. • Descarga
 Separator	En él se realizan dos actividades al mismo tiempo, las cuales proceden de una sola y se separan en dos, las cuales continúan con un proceso distinto, de igual manera se pueden crear entidades que nacen a partir de una inicial. Como en este caso, donde a partir de una entidad inicial que representa el vehículo se genera el café al momento de la descarga.	• Contenedores.
 Vehicle	Como su nombre lo representa, este es utilizado como un vehículo o modo de transporte, en él se puede configurar la velocidad de recorrido, capacidad de transporte, vueltas a realizar, etc.	• Torton. • Empleado
 Sink	Representa la salida o la culminación del proceso, aquí es donde desaparecen, o en términos de simulación, se destruyen las entidades.	• Salida • Beneficio.

Ilustración 8 Tabulador de entidades utilizadas.

3.3.2 Verificación.

Para llevar a cabo el proceso de verificación, el modelo descrito en el punto anterior se presentó, a la Lic. Adriana Vela Meza, encargada de la compra de café la Laja. El objetivo que se persigue en este punto es que el comportamiento en cuanto al funcionamiento del modelo sea muy parecido a lo que sucede en la realidad. Como lo indica el documento en el *Anexo 1. "Verificación del modelo"*.

3.3.3 Validación.

Para llevar a cabo la validación del sistema se hace énfasis en el proceso de descarga que es donde se va a optimizar el tiempo dentro de la compra, para ello se hace uso del procedimiento de la t-pareada, en este proceso se toma una muestra de 10 datos de las muestras tomadas en el sistema y estos se comparan contra los datos obtenidos en el modelo.

En la tabla siguiente se resume el procedimiento, cabe destacar que se va a tomar un nivel de confianza del 95%:

No.	Muestra (X_j)	Corrida	$Z_j = X_j - Y_j$	$(Z_j - \bar{Z}_{10})^2$
1	0.99	8.755	-7.77	45.67
2	2.56	2.107	0.45	2.12
3	2.62	4.692	-2.07	1.13
4	2.64	1.447	1.20	4.85
5	2.78	9.433	-6.66	31.93
6	3.51	1.205	2.31	10.97
7	4.34	8.755	-4.42	11.61
8	6.33	2.011	4.32	28.37

9	6.79	7.265	-0.47	0.28
10	7.64	4.598	3.04	16.40
Promedio			-1.01	153.35
Var=	1.704			
a=	0.050			
$t_{n-1,1-a/2}$	2.262			
LI=	-3.960			
LS=	1.945			

Como puede observarse los valores de los límites van -3.96 a 1.945, lo que implica que el cero queda contenido y por lo tanto se puede decir que el modelo representa el funcionamiento de la realidad, dicho en otras palabras, se puede utilizar el modelo para llevar a cabo las experimentaciones en los diversos escenarios propuestos.

3.4 Análisis.

3.4.1 Número de corridas.

Una vez que el modelo ha sido validado y verificado el último paso consiste en determinar el número de corridas que deberán realizarse para poder hacer planteamientos de mejora. Para esto se tomará el mismo nivel de confianza del 95% y se desea que el valor del promedio en la descarga no quede a una distancia mayor a 1.5 minutos.

Con esta información se realiza el procedimiento de $n^*(\beta)$ quedando de la siguiente manera:

Replicación	Promedio de demora en la cola en minutos
1	8.755
2	2.107
3	4.692
4	1.447
5	9.433
6	1.205
7	8.755
8	2.011
9	7.265
10	4.598

alfa	0.05	
beta	1.5	

	t	
10	2.26215716	2.35542314
11	2.22813885	2.21203539
12	2.20098516	2.09205286
13	2.17881283	1.9897312
14	2.16036866	1.90112211
15	2.14478669	1.82341129
16	2.13144955	1.75453173
17	2.1199053	1.69292673
18	2.10981558	1.63739856
19	2.10092204	1.58700867
20	2.09302405	1.54100974
21	2.08596345	1.49879836

Como puede observarse con 21 corridas se logra un valor menor a 1.5, que es el β deseado, por lo tanto, el modelo se deberá correr 21 veces.

3.4.2 Análisis de indicadores con el modelo actual.

Una vez que el modelo se ejecutó 21 veces, se revisan los diferentes indicadores que posteriormente se confrontarán contra el escenario de mejora.

De las corridas se puede observar lo siguiente:

	Promedio	Desviación	Error
Vehículos que arriban al sistema	12.0952	2.9984	1.3649
Tiempo promedio del vehículo en el sistema	14.0864	0.8248	0.3755
Tiempo Máximo del vehículo en el sistema	19.0286	1.4896	0.6781

Tiempo promedio de proceso en la descarga	5.1787	0.4398	0.2002
Tiempo máximo de espera proceso en la descarga	9.6395	0.6206	0.2825

Estos datos se compararán posteriormente con los datos del modelo mejorado.

3.4.3 Análisis de indicadores con el escenario de mejora.

La idea que se tiene por parte de los encargados de la compra de café es contratar a una persona más para agilizar el proceso de descarga de café, por lo tanto, este será el único escenario que se va a verificar. Los resultados obtenidos son los siguientes:

	Promedio	Desviación	Error
Vehículos que arriban al sistema	11.9048	3.3001	1.5022
Tiempo promedio del vehículo en el sistema	14.0356	0.9072	0.4130
Tiempo Máximo del vehículo en el sistema	18.3972	1.6244	0.7394
Tiempo promedio de proceso en la descarga	3.9044	0.3935	0.1791
Tiempo máximo de espera proceso en la descarga	7.2269	0.5602	0.2550

Capítulo 4 Conclusiones.

Como último capítulo se expone la conclusión final obtenida a partir de los escenarios presentados, los cuales fueron analizados mediante la obtención de una muestra representativa que sirva como comparación de los resultados dados en SIMIO® para determinar la mejora del proceso y seleccionar la mejor opción.

4.1 Comparación de los resultados de los indicadores.

Una vez que el modelo fue simulado en su proceso normal y con el escenario de mejora, el siguiente paso es comparar estos indicadores. Para llevar a cabo esta acción se hará una prueba de diferencia de medias entre los indicadores de tiempo total en el sistema y el tiempo promedio de descarga.

4.1.1 Tiempo promedio en la descarga.

El primer paso es verificar si las varianzas son iguales o diferentes para la aplicación del método correcto,

Intervalos de confianza de la razón de varianzas Tiempo promedio de descarga			
Nivel de confianza		95%	
$F_{\alpha/2, n-1, n-2} =$	2.46	$F_{1-\alpha/2, n-1, n-2} =$	0.41
$s_1^2 =$	0.19342404	$s_2^2 =$	0.15484225
$n_1 =$	21	$n_2 =$	21
	LI=		LS=
varianza	0.507	$<\sigma_1^2/\sigma_2^2 <$	3.079
desviación	0.712	$<\sigma_1/\sigma_2 <$	1.755

Como puede observarse, el valor del intervalo de la razón de varianzas incluye al 1 se puede decir que ambas varianzas son iguales, y por lo tanto el procedimiento para la comparación de las medias será utilizando el método de intervalo de confianza para la diferencia de medias con varianzas iguales.

El procedimiento se muestra a continuación:

Intervalos de confianza de la diferencia de medias varianza desconocida pero iguales			
Nivel de confianza		95%	
$t_{\alpha/2}$		2.02107539	
Muestra 1		Muestra 2	
n1	21	n2	21
media	5.1787	media	3.904
desviación	0.4398	desviación	0.395
sp=		0.41729264	0.17413315
gl=		40	
Li=		1.01402732	
Ls=		1.53457268	

Como puede observar en los valores del intervalo al ir de 1.01 a 1.53, no se incluye al cero y por lo tanto se puede decir que el tiempo de espera en el sistema es mayor al que se tendría si es que se colocara una persona más en el proceso de descarga.

4.1.2 Tiempo total promedio en el sistema.

El primer paso es verificar si las varianzas son iguales o diferentes para la aplicación del método correcto,

Intervalos de confianza de la razón de varianzas Tiempo promedio del vehículo en el sistema			
Nivel de confianza		95%	
$F_{\alpha/2, n-1, n-2} =$	2.46	$F_{1-\alpha/2, n-1, n-2} =$	0.41
$s_1^2 =$	0.68029504	$s_2^2 =$	0.82301184
$n_1 =$	21	$n_2 =$	21
LI=		LS=	
Varianza	0.335	$<\sigma_1^2/\sigma_2^2<$	2.037
desviación	0.579	$<\sigma_1/\sigma_2<$	1.427

Como puede observarse, el valor del intervalo de la razón de varianzas incluye al 1 se puede decir que ambas varianzas son iguales, y por lo tanto el procedimiento para la comparación de las medias será utilizando el método de intervalo de confianza para la diferencia de medias con varianzas iguales.

El procedimiento se muestra a continuación:

Intervalos de confianza de la diferencia de medias varianza desconocida pero iguales			
Nivel de confianza		95%	
$t_{\alpha/2}$	2.02107539		
Muestra 1		Muestra 2	
n1	21	n2	21
Media	14.0864	media	14.0356
Desviación	0.8248	desviación	0.9072
sp=		0.86697949	
gl=		40	
Li=		-0.4899502	
Ls=		0.5915502	

Como puede observarse el intervalo de confianza incluye al cero por lo que no se puede decir que hay una diferencia en el tiempo total de los vehículos en el sistema.

4.2 Conclusiones de las comparaciones.

Como puede observarse de las comparaciones anteriores, sí se logra una reducción considerable del tiempo de espera en la descarga del café de los vehículos que corresponde a un 24.6%; sin embargo, no hay una mejora en el tiempo total de los vehículos en el sistema, esto puede deberse entre otras cosas a los tiempos que se llevan en la parte de la báscula, situación que no puede ser modificada debido a que no depende directamente de la persona, que realiza este proceso. Se hicieron diversas pruebas utilizando más trabajadores en la descarga sin lograrse una reducción mayor en el tiempo en el sistema. Independientemente de no lograr esta reducción en el tiempo total en el sistema, el hecho de que las personas observen menos fila en la descarga puede generar mayor conformidad en ellos, haciéndolos partícipes del sistema, puesto que, al ver agilizado el proceso entenderán que se está realizando una mejor atención por parte del personal mejorando la atención al cliente, esto debido a que, psicológicamente, al ser partícipes de un sistema, se crea la conformidad y no se entra en desespero por el tiempo de realización de las actividades.

Cabe mencionar que, al existir cola en la báscula, se genera el tiempo extra de espera, por lo cual, aunque se allá agilizado el proceso de descarga no se logre observar una mejora en la reducción el tiempo total de atención.

Sabiendo que hay muchos factores que influyen en el sistema, y que puedan llegar a afectar, se cumplió con el objetivo principal, el cual generaba problema en la compra. Y que con ayuda del modelo de simulación permite hacer mejoras y evitar posibles riesgos o pérdidas de clientes.

Con todo ello, se sabe que se ha logrado el objetivo inicial y principal del proyecto. Así, como se puede comprender que la simulación es un factor importante para poder analizar y mejorar los sistemas que tienen limitantes. Siendo esta una herramienta fácil y económica para la optimización de procesos, por lo que, es una pieza importante dentro de la industria en la rama de procesos y de producción.

4.3 Decisión final

Tras el análisis del modelo en el cual se experimentó el escenario planteado inicialmente se logra determinar que la inclusión de una persona extra en el proceso de descarga del café se ve beneficiado y reducido el tiempo en esta actividad, logrando un mejor servicio al cliente y evitando un cuello de botella provocado por la aglomeración de los vehículos.

A partir de ello, se brinda la recomendación de que el aumento en el personal que labora es de utilidad para la compra, esto resulta productivo, puesto que el factor salud no puede ser controlado y en caso de que un empleado no asista a laborar estaríamos contando con $\frac{2}{3}$ de la fuerza laboral, caso contrario a contar con dos empleados y que uno se ausente reduciendo la fuerza laboral a $\frac{1}{2}$ de nuestra productividad, lo cual sería contraproducente.

Conclusión general.

Con base en lo desarrollado en el proyecto se puede determinar y comprobar que la simulación de un sistema resulta una herramienta conveniente para el análisis de escenarios. Esto, debido a que no es necesario llevar a la vida real el experimento que deseamos realizar, puesto que, la simulación nos permite representar igualitariamente este proceso, asemejándolo a la realidad.

La conveniencia de la simulación es que permite la experimentación de manera fácil, económica y fiable, debido a que los resultados brindados nos permiten poder elegir la opción más conveniente a partir de los resultados obtenidos, con ello, se puede elegir si se aumentará o reducirá la mano de obra, materia o el recurso que se considere según sea el caso.

En este experimento en particular, se pudo determinar mediante la realización del modelo, que el aumento en el personal es una buena opción, observando la reducción de tiempo en las tareas, lo cual resultó económico, pues no se tuvo la necesidad de contratar una tercera persona para ver si es conveniente o no, donde, si fuera contraproducente se perdería la inversión del sueldo pagado.

Por último, se puede deducir que si una tercera persona participa en el sistema los tiempos de desarrollo de las actividades se reduce, aumentando la productividad de esta área y mejorando el servicio al cliente. También, la experimentación es determinante para observar, que contratando un cuarto empleado no existe una mejora relativamente significativa con respecto al tener 3 personas, por lo cual se descarta la contratación de 2 personas.

Este argumento es validado tomando como referencia el tiempo promedio de realización de las actividades, donde la variación del tiempo total realizado por 3 personas representa una diferencia en pocos segundos con respecto a la realizada por 4 personas.

Con este último echo, la obtención de resultados favorables para la compra de café depende de la contratación de una persona extra que permita la optimización de nuestro proceso.

Para concluir y con base a los objetivos planteados al inicio del proyecto se logró la obtención de un modelo de simulación que permitió optimizar el proceso de acopio del café, lo que facilitó el análisis de distintos escenarios de mejora dentro de dicho proceso.

Este modelo servirá para poder tomar decisiones de mejora a futuro según la actividad que se considere realizar en la compra de café “La Laja”.

Anexos.

Anexo 1. "Verificación del modelo".



Ilustración 9 Anexo 1. "Verificación del modelo".



Ilustración 10 Anexo 2. Área para estacionarse y maniobras

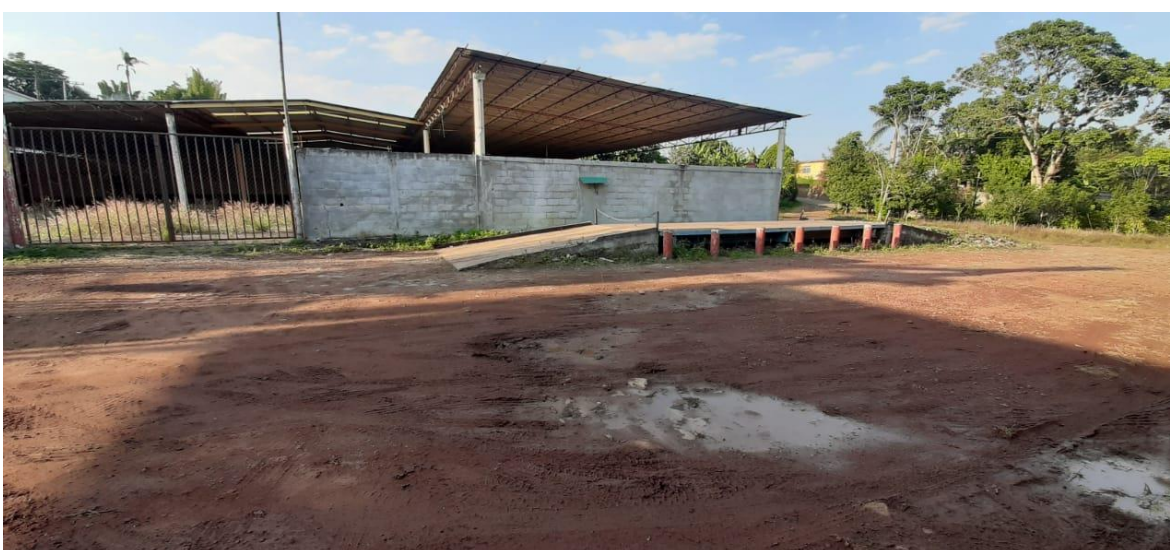


Ilustración 11 Anexo 3. Báscula.



Ilustración 12 Anexo 4. Descarga de Café.



Ilustración 13 Anexo 5. Tolva.



Ilustración 14 Anexo 6. Contenedores.



Ilustración 15 Anexo 7. Vista general de la compra.

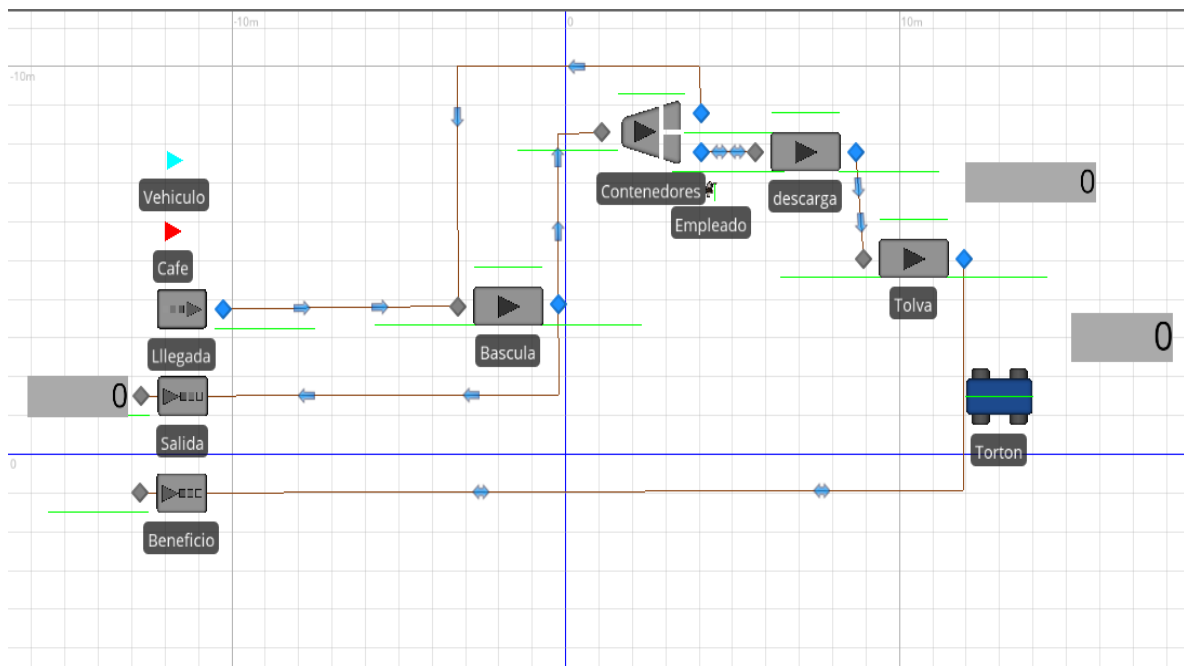


Ilustración 16 Anexo 8. Modelo Base



Ilustración 17 Anexo 9 Modelo 3D

REFERENCIAS

- Edgar Alberto Peña Guerrero Esmeralda Forero Forero. (2012). *Modelo De Simulación Del Proceso De Almacenamiento Y Distribucion En La Bodega De La Distribuidora De Papel De La Empresa Muebles & Accesorios S.A., Para El Mejoramiento De Su Sistema De Inventarios.* Octubre 2012, De Universidad Libre De Colombia.
- Javier Navascués Fernández -Victorio. (2008). *Un Modelo Para La Simulación Híbrida De La Producción De Software A Medida En Un Entorno Multiproyecto* . 2008, De Sevilla
<http://www.cc.uah.es/drg/adis2008/papers/adis-08-Navascues-Simulacion.Pdf>
- Pablo Hernando Osorio Calderón . (2010). *Propuesta De Un Modelo De Simulación Como Herramienta En La Justificación Y Comprensión De La Toma De Decisiones En La Universidad Pública. Un Enfoque Sistémico.* 2010, De Bucaramanga Sitio Web: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133884.Pdf>
<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9271/PROYECTO.Pdf?Sequence=1&isallowed=Y>
- Rosa María Ferradás Somoza. (2013). *Uso De La Simulación Para Modelar La Demanda En La Solución De Una Red De Distribución Inversa.* 2013, De Tecnológico De Monterrey
<https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/619517/tesis%20Rosa%20Mar%C3%Ada%20Ferrad%C3%A1s%20Somoza.Pdf?Sequence=1&isallowed=Y>
- Noelia Santos Díaz. (2013). *Modelo De Simulación Para Redes De Comunicación De Sistemas De Detección De Fuego Basado En Omnet++ ((Fire Detection Network Simulation Model Based On Omnet++).* 2013, De UNIVERCIDAD POLITECNICA DE CATALUNYA
https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/19619/Proyectorfincarrera_Noeliasantosediaz.Pdf?Sequence=4&isallowed=Y
- Investigación, L. V. (2018).
http://biblio3.url.edu.gt/publiclg/biblio_sin_paredes/fac_politicas/2018/tecnico_trab/inici_pracinvess/cont/06.pdf
- Café La Laja. (2020, 12 Octubre). Conócenos. <https://www.cafelalaja.com.mx/conoce-la-laja/>
- Simulación. (S. F.). *Simulacion*. <https://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/simulacio.html>
- Dr. Iván Espinoza Salvadó. (2016). *Tipos De Muestreo*. 2016, De Unidad De Investigación Científica Facultad De Ciencias Médicas : <http://65.182.2.244/Honduras/Tipos.De.Muestreo.Marzo.2016.Pdf>
- Jenibel García C.I: 19.277.211 Alejandro Rodríguez C.I: 19.793.237 Pedro Abarca 16.206.067 Dexcys Gallardo 18.406.379. (2018). *Tipos De Simulación*. 2018, De Instituto Universitario Politécnico Santiago Mariño Extensión MARACAY Sitio Web: <https://lupsm.simulacion.wordpress.com/Tipos-De-Simulacion/>
- Webster, A. (2000). *Estadística Aplicada A Los Negocios Y La Economía*. México. Mcgraw-Hill.
- Coss Bu, R. (2003). *Simulación Un Enfoque Práctico*. México. Limusa- Noriega Editores.
- García D., E., García R., H. Y Cárdenas B., L. (2006). *Simulación Y Análisis De Sistemas Con Promodel*. México. Pearson Prentice Hall.
- Ricardo, C., (2002). *Introducción A La Simulación Y Teoría De Colas*. A Coruña Netbiblo, S.L.
- Sheldon M. Ross (1999). *Simulación (2ª Ed.)*. México Pearson Prentice Hall.
- Google Maps. (01 De Octubre De 2017).
- Simio – Software Simulación De Procesos Logísticos. (S. F.). Simio. <https://www.simio-simulacion.es/>