

UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TEMA:

Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “Montecel”.

AUTOR:

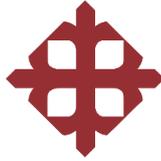
Torres Echeverria, Edison Andrés

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TUTOR(A):

Ing. Sosa Rendon, Ismael Alberto

**Guayaquil – Ecuador
07 de septiembre del 2023**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Torres Echeverria, Edison Andrés** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales**

TUTOR



Firmado electrónicamente por:
ISMAEL ALBERTO SOSA
RENDON

f. _____
Ing. Sosa Rendon, Ismael Alberto

Guayaquil, a los 7 días del mes de septiembre del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE EN CIENCIAS COMPUTACIONALES**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Torres Echeverria, Edison Andrés

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “Montecel”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Sistemas Computacionales, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 7 días del mes de septiembre del año 2023

EL AUTOR

f. _____
Torres Echeverria, Edison Andrés



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE EN CIENCIAS COMPUTACIONALES

AUTORIZACIÓN

Yo, Torres Echeverria, Edison Andrés

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “Montecel”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría

Guayaquil, a los 7 días del mes de septiembre del año 2023

EL AUTOR

f. _____

Torres Echeverria, Edison Andrés



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA

CARRERA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

REPORTE COMPILATIO

←  Proyecto de titulación Edison Torres_2_31_07_2023 #b479de

 **Similitudes** 1%

- > De los cuales < 1% similares a las fuentes mencionadas en el documento *Incluir en la puntuación*
- > De los cuales < 1% de pasajes de similitud incluidos en las citas *Incluir en la puntuación*

Fecha de elaboración: 19/08/2023

Firma:



Firma:

Ing. Ismael Alberto Sosa Rendon, Mgs.
Tutor de Trabajo de Integración Curricular
Carrera de Ingeniería en Ciencias de la Computación

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los docentes que tuve en este camino estudiantil, por impartir sus conocimientos y formar un profesional altamente capacitado, preparado para desempeñarse en el mundo laboral.

También quiero agradecer a mi tutor de tesis el Ing. Ismael Sosa Rendon por el apoyo brindado para la realización de este proyecto de tesis, sin su supervisión, sugerencias, correcciones y palabras de aliento este proceso hubiese sido más complicado de culminar.

Y sobre todo agradezco a mi madre, Lcda. Mary Echeverría García, Mgs. Por su apoyo constante e incondicional a la realización de todos mis sueños y proyectos, sobre todo en este, uno de los más importantes en mi vida.

Edison Andrés Torres Echeverría.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis abuelos y padres, que desde la infancia me fomentaron, incentivaron e inculcaron la importancia de obtener un título universitario. Las palabras de aliento a ser un profesional sobre todo de mi abuela y de mi madre han sido la motivación necesaria para el cumplimiento de metas y objetivos.

El mayor reconocimiento se lo hago a mi madre, y le dedico este logro que es de ella tanto como mío. Su perseverancia y amor han sido la fórmula que me han ayudado a ser un hombre de bien, junto a los valores que me inculcó me ha dado las herramientas para poder afrontar la vida.

Te amo madre.

Edison Andrés Torres Echeverría.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

**ING. CESAR SALAZAR
OPONENTE**

f. _____

**ING. GALO CORNEJO
DOCENTE DE ÁREA**

f. _____

**ING. ANA CAMACHO CORONEL, MGS
DIRECTORA DE CARRERA**

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	VII
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 Ubicación del problema en un contexto	3
Situación conflicto nudos críticos.....	3
Delimitación del problema.....	3
Tabla 1 Delimitación del problema	4
Evaluación del Problema	4
Causas y consecuencias del problema.....	5
Figura 1 Diagrama de causas y efecto.....	5
Formulación del problema.....	5
1.2 Objetivos.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
1.3 Alcance del problema.....	6
1.4 Justificación e importancia.....	6
1.5. Hipótesis o pregunta de investigación.....	7
1.6. Variables.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO	8
2.1. Teoría de colas.....	8
2.1.1 Modelado de un sistema de colas.....	8
2.2 Métodos de gestión de almacenamiento.....	8
• FIFO	8
• LIFO	9
2.3 Simulación	9
2.3.1 Simulación de eventos discretos.....	9
2.3.2 Modelos de simulación.....	9
2.4 TOC (Teoría de restricciones).....	10
2.5 Prototipo	10
2.5.1 Prototipo de aplicación informática.....	10
2.6 Algunos lenguajes de programación utilizados en la simulación de sistemas de colas son:.....	11
2.6.1 Python	11
2.6.2 Java	11
2.6.3 C++.....	11
2.6.4 MATLAB	11
2.7 Escenarios donde se utilizan las teorías de colas.....	12
2.7.1 Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en Compañía Minera Los Andes Perú Gold SAC.....	12

2.7.2 Aplicación de la teoría de colas en tiempos de espera para la atención de usuarios en el laboratorio clínico de la empresa IPS Unipsalud 2000 Guaduas Ltda.	12
2.8 Términos usados en el ámbito del banano.	13
2.8.1 Proceso de corte de fruta:	13
2.8.4 Garrucha.....	14
2.8.5 Garruchada.....	14
CAPÍTULO III.....	16
MARCO METODOLOGICO.....	16
3. Metodología de investigación.	16
3.1 Enfoque metodológico.....	16
3.2 Técnica de recolección de datos.	17
3.3 Metodología de desarrollo	18
Tabla 2 Fases de desarrollo.....	18
3.4. Población de entrevistas.....	19
Tabla 3 Población de entrevistas.	19
CAPITULO IV.....	20
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS.....	20
4.1 Análisis de datos obtenidos mediante observación.....	20
Tabla 4 Definición de datos.	20
4.2 Análisis de las entrevistas.	23
Figura 6 Entrevista a administradora vía WhatsApp.	23
Tabla 5 Conclusiones de los datos obtenidos.....	26
CAPITULO V.....	28
SOLUCION PROPUESTA.	28
5.1 Escenario actual de la bananera, con el cual va a proponer un modelo matemático y la solución tecnología para realizar la simulación de los diferentes escenarios.....	28
5.2 Modelo matemático.....	29
5.3 Prototipo de software.....	39
Figura 13 Entorno de desarrollo Replit.com.....	40
Figura 14 Simulación de evento discreto mediante consola.....	41
5.3.1 Esquema lógico.....	42
6.CONCLUSIONES.....	48
7.RECOMENDACIONES	50
8.REFERENCIA	51
9.ANEXOS.....	53
9.1 MANUAL DE USUARIO.....	53
10.FORMATO DE LAS ENTREVISTAS.....	58
10.1.1 Preguntas de la entrevista a la administradora de la bananera.....	58
10.1.2 Preguntas de la entrevista al capataz de la bananera.	59
Respuestas de la administradora de la bananera	60
Respuestas del capataz de la bananera.....	61

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de causas y efecto.....	5
Figura 2 Servidor 1 (Desmanador de banano).	13
Figura 3 Servidor2 Embalador de banano.	14
Figura 4 Garrucha.....	14
Figura 5 Garruchada: Grupo de 20 garruchas.....	15
Figura 6 Entrevista a administradora vía WhatsApp.	23
Figura 7 Entrevista a Capataz de la bananera "MONTECEL" vía WhatsApp	25
Figura 8 Respuestas de entrevista a Capataz de la bananera "MONTECEL".	25
Figura 9 Interaccion de variables del sistema de colas.	32
Figura 10 Representacion grafica del sistema de colas en serie con sus variables.	33
Figura 11 Representación gráfica del comportamiento de cola1	37
Figura 12 Representación gráfica del comportamiento de la cola2.....	39
Figura 13 Entorno de desarrollo Replit.com.....	40
Figura 14 Simulación de evento discreto mediante consola.....	41
Figura 15 Esquema lógico.	42
Figura 16 Esquema funcional.	43
Figura 17 Pantalla de inicio del prototipo	54
Figura 18 Ingreso de datos para generar la simulación.....	55
Figura 19 Visores de texto donde se muestran los resultados generados.....	56
Figura 20 Simulación del comportamiento de colas.....	56
Figura 21 Indicadores del rendimiento del sistema de colas.	57
Figura 22 Respuestas de la entrevista a la administradora.....	60
Figura 23 Respuestas de la entrevista al capataz de la bananera / parte1	61
Figura 24 Respuestas de la entrevista al capataz de la bananera / parte2.....	61

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Delimitación del problema.....	4
Tabla 2 Fases de desarrollo.	18
Tabla 3 Población de entrevistas.....	19
Tabla 4 Definición de datos.....	20
Tabla 5 Conclusiones de los datos obtenidos.	26
Tabla 6 Simulación del comportamiento de la cola1	35
Tabla 7 Simulación de la cola2	37
Tabla 8 Cuadro de costo/beneficio en la etapa de desarrollo.....	45
Tabla 9 Cuadro de costo/beneficio en la implementación.	46
Tabla 10 Características del equipo utilizado para el desarrollo del prototipo.....	47

RESUMEN

Este proyecto curricular se enfoca en crear una solución a partir de un prototipo de software desarrollado en python 3.11 para la bananera Montecel, la solución se enfoca en mejorar el rendimiento de un proceso llamado “Corte de Fruta”, el cual son actividades que se realizan de manera constante durante todo el año y obligatoriamente 1 vez por semana, debido a que si no se corta la fruta disponible en la semana, la misma se descompone y daña a las demás cosechas.

La solución se enfoca en: Analizar y mejorar el sistema de colas empleado en proceso de “corte de fruta” utilizando la metodología de teoría de colas, que permite evaluar el rendimiento de las estaciones de trabajo, sincronizar los tiempos de arribo y de servicio de la cola para que el proceso fluya sin interrupciones y pueda culminar en el tiempo estipulado.

Esta solución propuesta se divide en dos componentes: el prototipo de modelo matemático que se desarrolló de acuerdo al levantamiento de información realizado con las técnicas identificadas y el segundo componente es el desarrollo de un prototipo de software que tenga implementado el modelo matemático y presente los resultados de las diferentes simulaciones que se realicen.

Palabras claves: Simulador de colas, cosecha de banano, indicadores, corte de fruta

ABSTRACT

This curricular project focuses on creating a solution from a software prototype developed in Python 3.11 for the Montecel banana company. The solution focuses on improving the performance of a process called “Fruit Cutting”, which are activities that are carried out constant throughout the year and obligatorily once a week, because if the available fruit is not cut during the week, it decomposes and damages the other crops.

The solution focuses on: Analyzing and improving the queuing system used in the “fruit cutting” process using the queuing theory methodology, which allows evaluating the performance of the workstations, synchronizing the arrival and service times of the queue so that the process flows without interruptions and can be completed within the stipulated time.

This proposed solution is divided into two components: the mathematical model prototype that was developed according to the information gathering carried out with the identified techniques and the second component is the development of a software prototype that has the mathematical model implemented and presents the results. of the different simulations carried out.

Keywords: Queue simulator, banana harvest, indicators, fruit cutting

INTRODUCCIÓN

El banano es uno de los productos de exportación más importantes de Ecuador, siendo uno de los países sudamericanos sino el principal, con el mayor número de exportaciones mundiales de esta fruta. Este producto tiene varias etapas para su producción, como son la siembra, cosecha y beneficio, cada una tiene actividades específicas que se deben realizar en tiempos determinados para que la fruta pueda ser exportada de manera correcta.

Sin embargo, para realizar estas actividades se tienen que considerar varios factores entre recurso humano, tiempos, suelo, semilla, trazado, ahoyado, siembra semilla, entre otras; lo que ocasiona que el personal encargado de administrar las bananeras tenga que cuantificar valores lo mayormente aproximados, siendo esta actividad la que permita que la relación costo/beneficio genere las utilidades esperadas.

Para este caso de estudio de la bananera “MONTECEL”, el presente proyecto tiene como objetivo proponer un prototipo de software de colas, el cual consiste en ayudar a tomar decisiones propias al administrador de la bananera, para poder contratar y asignar un número adecuado de personal que se requiera en cada una de las actividades de labores de cosecha de la fruta y evitar gastos en sueldos y tiempos en las actividades, como por ejemplo conocer el volumen que los agricultores deben cortar la fruta disponible y si es esta actividad se atrasa o se adelanta la fruta pierde su estado para exportación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción de la situación problemática

1.1 Ubicación del problema en un contexto

En la cosecha de banano para exportación, semana a semana se requiere realizar un cálculo matemático para determinar la cantidad de trabajadores necesarios y el presupuesto en insumos para cada actividad del proceso de corte de fruta, debido a que la cantidad de cajas a exportar varían de una semana a la otra. Se realiza dicha operación las 52 semanas del año.

Situación conflicto nudos críticos

El problema surge para el productor al momento de adquirir los suministros para el proceso de corte de banano, el cual está condicionado por un correcto cálculo del personal necesario para lograr minimizar costos y maximizar ingresos.

Delimitación del problema

A continuación, se muestra una tabla que contiene los siguientes componentes que delimitan el problema:

- Campo: Tecnología
- Área: Procesos (Cosecha de banano).
- Aspecto: Proceso de corte de banano.
- Tema: Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “MONTECEL”.

Tabla 1
Delimitación del problema

Delimitador	Descripción
Campo	Tecnología
Área	Procesos (Cosecha de banano).
Aspecto	Proceso de corte de banano para exportación
Tema	Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “MONTECEL”.

Evaluación del Problema

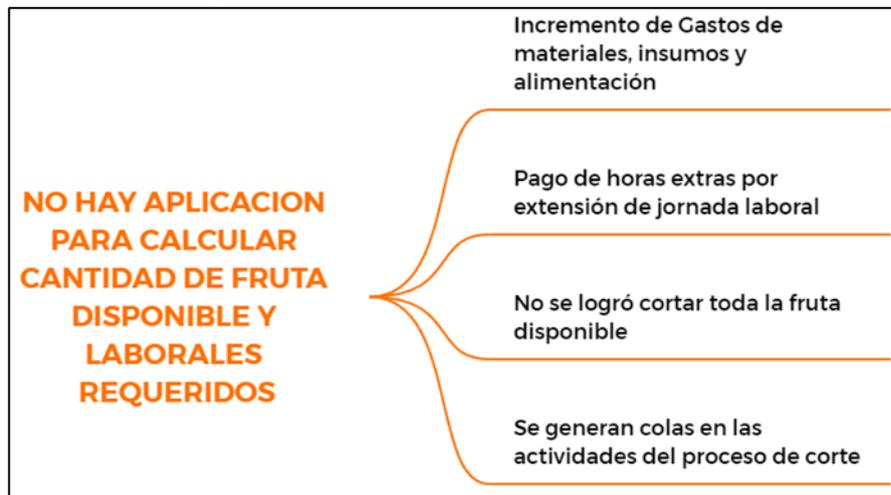
El problema se enfoca en calcular la cantidad de personas necesarias para trabajar en el proceso de corte de banano, según la cantidad de cajas solicitadas por la compañía exportadora y que le generen rentabilidad al agricultor. Si el cálculo a realizar no es correcto se generan pérdidas en la producción, adquisición de suministros y por ende en la rentabilidad del negocio.

Para analizar el proceso de corte del banano se debe tomar en cuenta que existe una fase donde se realiza el corte del racimo de la planta y es llevado al área de embalaje y una segunda fase es el control de calidad, donde la fruta es separada del racimo en manos de banano para ser lavadas, medidas y enfundadas en las cajas finales, durante este proceso se genera pérdidas de tiempo por retrasos por el cálculo equivocado del número de personal y consecuentemente la cantidad de insumos requeridos.

Causas y consecuencias del problema

A continuación, se muestra un gráfico donde se identifica el problema y sus causas:

Figura 1
Diagrama de causas y efecto.



Formulación del problema

¿Cuál es el impacto en los ingresos y/o costos causados por un erróneo cálculo de laborales en el proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “MONTECEL”?

1.2 Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un prototipo aplicando teoría de colas para simular el comportamiento de variables que intervienen en los ingresos y costos del proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “MONTECEL”

Objetivos específicos

- Identificar variables, comportamientos y actividades para el proceso “Corte de banano”

- Modelar el sistema de líneas de espera utilizando teoría de colas para minimizar costos y maximizar ingresos.
- Sistematizar mediante un prototipo el modelo de colas para obtener datos que permitan aumentar ingresos y disminuir gastos.

1.3 Alcance del problema

- El análisis para realizar se enfoca en el proceso de corte de fruta, que conlleva actividades de “control de calidad” y “embalaje “. Este proceso se realiza 1 vez por semana, durante todo el año para exportar la fruta disponible en la bananera “MONTECEL” localizada en la ciudad de Machala.
- La recolección de datos para el análisis de las variables se hará durante el proceso de corte mediante el método cualitativo de observación.
- El productor brindara información que dispone sobre los controles de cintaje, reportes y presupuestos, para el análisis de las variables.
- El aplicativo simulara diferentes escenarios con las variables ingresadas, seleccionando el más rentable para agricultor.

1.4 Justificación e importancia

La solución para implementar llega como una herramienta de mucha ayuda para los productores de banano, que llevan años solucionando este problema de manera empírica, con un cálculo impreciso que perjudica la operación del negocio y disminuyéndose así su rentabilidad semana a semana.

1.5. Hipótesis o pregunta de investigación

¿El desarrollo de un prototipo de simulación de colas usando la teoría de colas para determinar el rendimiento del sistema, puede permitir un correcto dimensionamiento de la cantidad de trabajadores idóneos para el proceso?

1.6. Variables

- **Variable independiente:** Teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “MONTECEL”.
- **Variable dependiente:** Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En la siguiente sección se enmarca los fundamentos teóricos de la presente investigación, se detalla conceptos que ayudan a entender el entorno y problemática del presente trabajo.

2.1. Teoría de colas

El desarrollador de esta teoría es el matemático danés A. K. Erlang en el año 1909, el cual indica que la teoría de colas es el estudio de los tiempos de espera que se generan cuando el cliente demanda la atención de un servicio. (*Características de un sistema de colas*, s. f.)

2.1.1 Modelado de un sistema de colas.

El modelado de un sistema de colas es la representación de las líneas de espera en un modelo previamente estudiado, donde conoce los datos y variables a simular. (*Características de un sistema de colas*, s. f.)

2.2 Métodos de gestión de almacenamiento.

El control sobre los almacenes permite optimizar costos y tiempos en la operación del negocio. Estos métodos buscan maximizar la eficiencia, el acceso y la disponibilidad de los elementos almacenados. (*¿Qué es la gestión de almacenes?*, s. f.)

Los métodos de gestión de almacenamiento más comunes son:

- **FIFO:** Es un método que gestiona los elementos según el principio de "primero en entrar, primero en salir", es decir, los elementos más antiguos se utilizan antes que los elementos más recientes. (Carlos, 2023)

- **LIFO:** Es un método que gestiona los elementos según el principio de "último en entrar, primero en salir", es decir, los elementos más recientes se utilizan antes que los elementos más antiguos (Carlos, 2023)

2.3 Simulación

Es una técnica que emplea números para realizar experimentos en una computadora con la intención de generar escenarios supuestos, que permiten la mejor visualización de una implementación antes de llevarla a producción. (Simulación. Artículo de la Enciclopedia., s. f.)

A continuación, se detallan diferentes tipos y modelos de simulación:

2.3.1 Simulación de eventos discretos.

La simulación de eventos discretos es el ajuste de un sistema como una cadena de eventos que suceden en distintos instantes de tiempo. (Tipos de simulaciones – Blog de LABSAG, 2021)

2.3.2 Modelos de simulación.

Existen varios modelos de simulación de colas que se utilizan para analizar y predecir el comportamiento de sistemas de colas. Algunos de los modelos más comunes son los siguientes:

2.3.2.1 Modelo de Cola M/M/1.

Es un modelo específico dentro de los modelos de servicio exponencial, donde se asume una única fuente de llegadas (M) y un servidor (1). Las tasas de llegada y servicio siguen una distribución exponencial. (El modelo M/G/1, s. f.)

2.3.2.2 Modelo de Cola M/M/c

El modelo de cola M/M/C funciona con tiempos de servicios exponencial y la tasa de llegada sigue una distribución poisson. (El modelo M/G/1, s. f.)

2.3.2.3 Modelo de Cola M/G/1

En este modelo de cola los tiempos de servicio son variables aleatorias independientes y no necesariamente exponenciales. (El modelo M/G/1, s. f.)

2.3.3 Distribución de Poisson

La distribución de Poisson es utilizada en escenarios donde se pretende generar situaciones en un intervalo de tiempo, con condiciones de aleatoriedad y algunas restricciones. (*DISTRIBUCIÓN DE POISSON*, s. f.)

2.4 TOC (Teoría de restricciones)

La teoría de restricciones es una metodología que busca conseguir objetivos gerenciales, identificando los problemas que generan los cuellos de botella. (Aguilera C., 2000)

2.5 Prototipo

Un prototipo es la primera versión de un modelo donde se busca representar lo que sería un producto o servicio con la intención de testear el mercado o de mejorar algún producto o servicio similar. (*¿Qué es un prototipo?*, 2022)

2.5.1 Prototipo de aplicación informática

Prototipos en el ámbito de la informática, son representaciones que buscan probar la funcionalidad o la usabilidad de alguna interfaz. (*¿Qué es un prototipo?*, s. f.)

2.6 Algunos lenguajes de programación utilizados en la simulación de sistemas de colas son:

2.6.1 Python

En el sitio oficial (*Welcome to Python.org*, 2023) describen a Python como: “Es un lenguaje de programación que te permite trabajar rápidamente e integrar los sistemas de manera más eficaz.”. Tiene una amplia gama de bibliotecas, como SimPy, que proporciona herramientas específicas para la simulación de eventos discretos y la modelización de sistemas de colas.

2.6.2 Java

En el portal oficial Java (*¿Qué es Java y por qué lo necesito?*, s. f.) indican que es un lenguaje de programación ampliamente utilizado para manejar aplicaciones grandes y complejas, así como también hay bibliotecas disponibles, como SimJava, que están diseñadas específicamente para la simulación de eventos discretos.

2.6.3 C++

C++ es un lenguaje de programación de propósito general. Tiene bibliotecas como SimLib, que brindan funcionalidad para la simulación de eventos discretos y la modelización de sistemas de colas. Según (*Qué es C++*, 2019) indica que es un lenguaje orientado a objetos que se depende del lenguaje C.

2.6.4 MATLAB

Es un lenguaje de programación y cálculo numérico, que tiene herramientas y funciones integradas para la simulación de sistemas de colas y análisis estadístico. (*MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico*, s. f.)

2.7 Escenarios donde se utilizan las teorías de colas

2.7.1 Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en Compañía Minera Los Andes Perú Gold SAC.

El autor (Martínez Aguilar, 2019) indica que utilizó teoría de colas para optimizar un proceso de operación del negocio, donde se venían presentando déficit de recursos. En este objeto de estudio se identifica un problema en la distribución de volquetes en cada frente de carguío, provocando en algunos lugares falten y en otros sobren volquetes.

Este problema de operación se pudo resolver con teoría de colas. organizando la distribución de los volquetes se logró incrementar la capacidad de carga en un 4% y la producción diaria de los volquetes en un 10%.

2.7.2 Aplicación de la teoría de colas en tiempos de espera para la atención de usuarios en el laboratorio clínico de la empresa IPS Unipsalud 2000 Guaduas Ltda.

En este caso de estudio, se implementó teoría de colas para modelar el sistema con datos recolectados del laboratorio y recopilados en Excel sobre la afluencia de usuarios, la simulación genero diferentes escenarios que permitió llegar a la siguiente conclusión:

- Los días laborales, en los horarios de 7 a 9 am era conveniente trabajar con 3 servidores, de esa manera el usuario tendría un tiempo promedio de espera de 8 minutos que para el criterio del autor es un tiempo manejable (Arévalo Pabón, 2018).

2.8 Términos usados en el ámbito del banano.

2.8.1 Proceso de corte de fruta:

Cuando se menciona al proceso de corte de fruta se hace referencia a todo el proceso que comprende desde el corte de la fruta en la planta hasta transportarlo a la planta procesadora y finalmente empaquetar el banano en cajas de cartón.

2.8.2 Servidor 1:

El rol de servidor1 lo ocupa una estación de trabajo cuya función es picar las manos de banano del racimo. Una vez picada la mano de banano es enviada a las tinas de lavado, aquí termina la tarea del servidor1. A continuación una imagen que ilustra la función del servidor1.

Figura 2
Servidor 1 (Desmanador de banano).



2.8.3 Servidor 2

El rol de servidor2 lo conforma una estación de trabajo cuya labor es embalar las manos de banano en una caja de cartón cumpliendo un peso específico, a

continuación, una imagen donde se muestra la estación de trabajo que conforma el servidor2

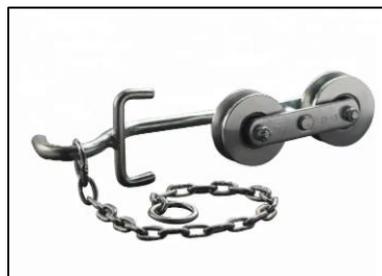
Figura 3
Servidor2 Embalador de banano.



2.8.4 Garrucha

La garrucha es un objeto metálico con ruedas utilizado para transportar el banano sobre una línea templada de acero.

Figura 4
Garrucha



2.8.5 Garruchada

Es la agrupación de 20 garruchas ordenadas en serie, que a su vez transportan 20 racimos de bananos.

Figura 5
Garruchada: Grupo de 20 garruchas.



CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3. Metodología de investigación.

3.1 Enfoque metodológico.

La metodología por utilizarse en el presente desarrollo es una metodología cuantitativa con enfoque exploratorio, que de acuerdo con los autores (Alfonso Urquía Moraleda & Carla Martín Villalba, 2013) en el artículo “los alcances de una investigación” comentan que el alcance exploratorio se da en sucesos que no se han investigado antes y se requiere obtener información.

En cuanto al desarrollo de la metodología cuantitativa, se optó por este enfoque debido a que es el que mejor se adapta al proyecto de naturaleza numérico, donde se desarrollara un modelo matemático para resolver un problema cuyo resultado es cuantificable de manera numérica.

Para (Sánchez Molina et al., 2021) la estructura en una metodología cuantitativa debería ser en fases y son las siguientes:

- Teoría
- Hipótesis
- Observaciones
- Recolección de datos
- Análisis de datos y Resultados.

Cada fase tiene su relación, entre la teoría y la hipótesis se da la deducción; entre la hipótesis y la recolección de datos se presenta la operacionalización; entre la

recolección y el análisis de datos se suscita el procesamiento de datos; entre el análisis de datos y los resultados emerge la interpretación y, por último, de los resultados se origina la inducción.”

3.2 Técnica de recolección de datos.

Para realizar el levantamiento de información, se utilizó la técnica de **entrevista** y también la técnica de **observación** como se detalla a continuación:

- Con la entrevista se definió el proceso como actualmente se maneja (empíricamente), también permitió encontrar variables y definir actividades del proceso que son parte del estudio.
- La observación del proceso en caliente permitió la verificación, corrección e interpretación de variables y datos necesarios para el desarrollo de la solución.

El autor (Useche et al., 2019), define que la entrevista es una técnica que permite interactuar con el objeto de estudio, se puede obtener información a través de prueba, cuestionarios o pruebas de conocimiento. En cuanto a la técnica de observación el mismo autor (Useche et al., 2019), define lo siguiente:” Es la técnica que emplea el investigador para conectarse con la realidad y formarse una idea lo más precisa posible sobre el problema que estudia.”

3.3 Metodología de desarrollo

Para el desarrollo del prototipo de simulador, se escogió la metodología en forma de cascada por su estructura que permite separar por etapas el proyecto y tener un orden secuencial de las diferentes actividades de una manera organizada, permitiendo obtener datos, variables, modelamiento del sistema, identificación de problemas y soluciones, siendo así una forma óptima de cumplir los objetivos que se plantearon para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2
Fases de desarrollo.

FASE 1	
Identificar variables, comportamientos y actividades para el proceso “Corte de banano”.	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Encuesta. • Observación del proceso, mientras se está realizando.
FASE 2	
Análisis de datos	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de entrevistas • Datos recolectados observando el proceso
FASE 3	
Modelamiento de sistema de colas	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
	Identificación de componentes del sistema de colas
FASE 4	
Desarrollo de modelo matemático	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
	Identificar comportamientos de las variables obtenidas
FASE 5	
Desarrollo de prototipo de software	ACTIVIDADES DESARROLLADAS
	Codificación del modelo matemático en lenguaje Python mediante el compilador replit.com

3.4. Población de entrevistas.

Las entrevistas fueron dirigidas a dos personas involucradas en el proceso de corte de banano que laboran en la bananera tiempo completo:

1. La **administradora** de la bananera permitió obtener información respecto a los ingresos y costos que se generan en el proceso.
2. La segunda encuesta se realizó a un trabajador, cuyo cargo es de “**capataz**” y su función entre otras es, conseguir el personal necesario para el día de labores organizarlo y distribuirlo en las diferentes actividades y al ser la persona que interactúa directamente con el proceso en estudio, ayudó en la obtención de variables y datos para el desarrollo del proyecto.

Tabla 3
Población de entrevistas.

ENTREVISTA	Sra. Letty Echeverría. Administradora de bananera “MONTECEL”
ENTREVISTA	Luis Castro Capataz de bananera “MONTECEL”

CAPITULO IV
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1 Análisis de datos obtenidos mediante observación.

Al realizar la visita en las instalaciones de la bananera, se pudo obtener la siguiente información relevante:

1. Como se efectúan las actividades en cada una de las etapas del proceso
2. Conocer que o quienes integran el rol de servidor, también el rol de cliente, obtener tiempos generados en cada actividad y conseguir las variables que participan en el proceso de corte de banano.
3. Con estas métricas obtenidas se puede generar escenarios que permitan optimizar rendimiento y eficiencia del sistema.

A continuación, el detalle de los resultados obtenidos:

Tabla 4
Definición de datos.

<u>SISTEMA DE COLA UTILIZADO EN PROCESO DE CORTE DE BANANO</u>		
DATO	DEFINICIÓN	AREA
Cliente1	<ul style="list-style-type: none"> •El rol de cliente1 está conformado por los racimos de banano, en la Cola 1. •Se define al cliente como al grupo de 20 racimos de banano cortados. 	COLA1
Cliene2	<ul style="list-style-type: none"> •El rol de cliente2 lo integra las manos de banano. • Como es un proceso de producción la materia prima en este caso de estudio el cliente del sistema se va transformando a medida que avanza en las estaciones del proceso 	COLA 2

Cola1	<ul style="list-style-type: none"> •La Cola1 está conformada por los Clientes1, donde cada cliente es un grupo de 20 racimos de banano. 	COLA1
Servidor1	<ul style="list-style-type: none"> •El rol de Servidor1 es una estación de trabajo donde el obrero desmana el racimo de banano para luego dichas manos pasen a la cola2. 	COLA1
Cola 2	<ul style="list-style-type: none"> •La Cola2 está compuesta por los clientes2, donde el cliente son las manos de banano que salen del servidor1. 	
Servidor2	<ul style="list-style-type: none"> •El rol de Servidor2 está compuesto por una estación de trabajo, donde se agrupan las manos de banano que están en cola y se las ubica en cajas de cartón para ser exportada 	
TIEMPOS GENERADOS EN EL MODELO		
Tiempo de llegada1	<ul style="list-style-type: none"> •Es el intervalo de tiempo con el que cada cliente llega a la cola1. •Se observó que cada garruchada llega en promedio, cada 20 minutos a la empacadora. 	COLA1
Tiempo de uso del sistema	<ul style="list-style-type: none"> •Es el tiempo total, en donde el cliente ha ocupado el sistema, es decir. Desde cuando llega a ser parte de la cola1 hasta cuando finalmente es atendido por el ultimo servidor y deja el sistema. •Se observo que el tiempo promedio en procesar una garruchada en todo el sistema demora 35 minutos. 	COLA1 Y COLA2
Tiempo de servicio1	<ul style="list-style-type: none"> •Es el tiempo que demora el servidor 1 en atender a cada cliente de la cola1. •Se observó que el servidor1 lo integra 1 trabajador cuya función es cortar el racimo de banano en manos. El trabajador se demora en cortar cada mano 8 segundos y en promedio demora en cortar 1 racimo de banano 50 	COLA1

	segundos. También se pudo observar que el tiempo promedio que demora en procesar 1 garruchada (20 racimos) es de 18 minutos.	
Tiempo de llegada2	<ul style="list-style-type: none"> • Es el intervalo de tiempo con el que cada cliente llega a la cola2. • Se observó que el servidor1 atiende a los clientes y alimenta la cola2 cada 8 segundos, en esta cola los clientes se mantienen en un proceso de lavado hasta ser atendidos por el servidor2 que demora en promedio 13 minutos. 	
Tiempo de servicio2	<ul style="list-style-type: none"> • Es el tiempo que demora el servidor2 en atender a cada cliente de la cola2. • Se observó que el servidor2 es una estación de trabajo donde el operario tiene la función de ubicar las manos de banano que han sido lavadas y ubicarlas de manera ordenada en una caja de cartón, esta tarea tiene un tiempo promedio por cada caja de banano de 3 minutos. 	

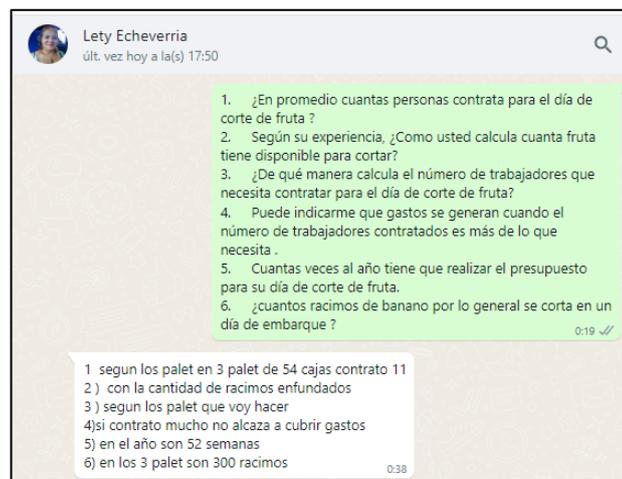
De acuerdo con la información recopilada se pudo concluir:

- El modelo de colas actualmente utilizado es un sistema en serie, el cual es un modelo empleado por lo general en procesos de producción donde la atención de estaciones es de manera secuencial.
- Existen dos colas y dos servidores, donde la cola1 debe ser atendida por el servidor1 para que el rol cliente avance a la siguiente cola2 y pueda ser atendido finalmente por el servidor2.

4.2 Análisis de las entrevistas.

A continuación, se detalla el resultado de las entrevistas realizadas a la administradora y al capataz de la bananera “MONTECEL”, donde se pudo obtener información sobre el presupuesto, el proceso y el modelo de cola que utilizan.

Figura 6
Entrevista a administradora vía WhatsApp.



En cuanto a la entrevista a la **administradora la Sra. Letty Echeverria** indicó lo siguiente:

- Realiza el cálculo las 52 semanas del año, porque los escenarios son muy cambiantes semana a semana, por ejemplo, el cupo de cajas que le solicita la compañía puede variar, o la fruta disponible no cumple con las especificaciones requeridas.
- Realiza el corte de fruta durante 1 vez por semana durante todo el año sin interrupciones.
- Contabiliza la fruta que tiene disponible en la semana con la cantidad de fundas que se ha comprado para proteger los racimos de banano.

- La métrica que utiliza la administradora es el pallet, el cual son las bases de madera que se utilizan para apilar las cajas de banano y que facilitan la transportación, en cada pallet entran 52 cajas de banano.
- La administradora determina que cuando tiene que cubrir el cupo solicitado de 3 pallets corta en promedio 300 racimos, con este dato podemos terminar el rendimiento de la bananera.

En cuanto a las repercusiones que tiene cuando se realiza alguna actividad o calculo incorrecto indico:

- Si se realiza el cálculo del personal de manera incorrecta y ocasiones que no se logre alcanzar la meta, esto puede ocasionar a gastos extras que no se puedan cubrir y se genere deuda.

Para la entrevista del **capataz Luis Castro**, la información ayudó a determinar datos que permitió modelar el sistema, conociendo las estaciones de trabajo que hay en el proceso, la función de cada trabajador en cada área, así como los tiempos promedio que basado en su experiencia se demora en cada parte del proceso. También brindo información sobre como calcula la cantidad de fruta disponible y a diferencia de la administradora nos indicó que se basa en el sistema de cinta de colores, que comprende inicialmente en colocarle una cinta de color al racimo en la primera semana de nacido. luego se contabiliza la cantidad de cintas que se pusieron en x semana y así se obtiene la cantidad de racimos que hay disponible. Nos mencionó el grado de la fruta, este concepto se refiere a la maduración de la fruta, se mide el estado de la fruta según su grado.

Figura 7
Entrevista a Capataz de la bananera "MONTECEL" vía WhatsApp

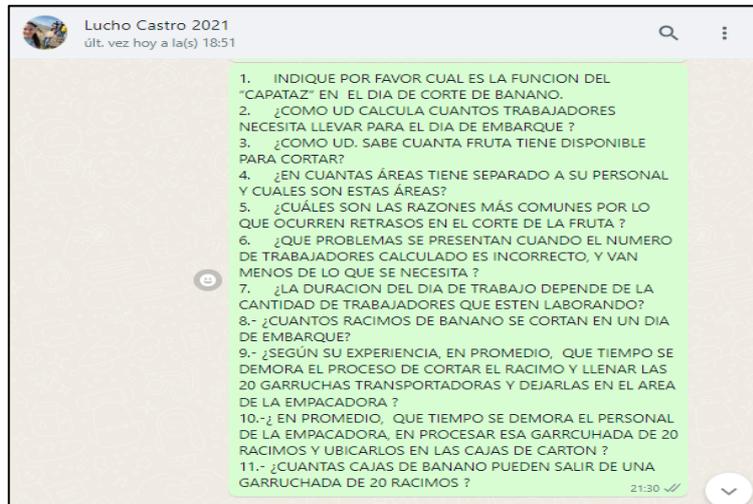
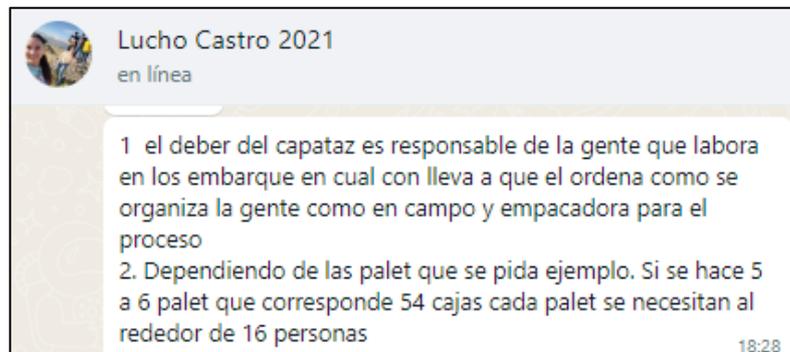


Figura 8
Respuestas de entrevista a Capataz de la bananera "MONTECEL".



4.3 Interpretación de datos

Habiendo aplicado entrevistas y un método observatorio para la recolección de datos se pudo obtener las siguientes conclusiones:

Tabla 5
Conclusiones de los datos obtenidos.

ANALISIS DE DATOS	
VARIABLES	<p>Las entrevistas permitieron identificar las variables que interactúan en el proceso y que permiten generar la simulación del sistema de colas. Mediante la observación del proceso se pudo identificar el comportamiento y conocer valores promedios de cada variable.</p> <p>Las variables que se encontraron en el proceso de corte de fruta fueron las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de racimos de banano • Tasa media de llegada de los “clientes” a la cola • Tasa media de servicio • Factor de ocupación del servidor • Tasa de rendimiento • Tiempo de llegada • Tiempo de espera en cola • Tiempo de servicio
MODELO DE COLAS	<p>El modelo de colas que actualmente se utiliza en la bananera “MONTECEL” por la naturaleza del proceso que es un proceso de producción, el sistema empleado es un <u>modelo de colas en serie</u>, debido a que en este sistema el cliente pasa primero por una estación de servicio donde la fruta es procesada y continua la cola en espera de atención de un segundo servidor para finalmente concluir el proceso.</p>
TASA DE RENDIMIENTO	<p>Se pudo conocer mediante la información brindada en las entrevistas, esta variable que ayuda a dimensionar la cantidad de fruta que se va a procesar durante el día de labores, define la cantidad de racimos de bananos que se necesita para cumplir con el cupo requerido de cajas de banano solicitado, <u>ejemplo</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La última vez que se ejecutó el proceso de corte de fruta se requerían 156 cajas de banano, al final se reportó que para cumplir con el cupo solicitado se cortaron 300 racimos. Es

	<p>decir que con 300 racimos se hicieron 156 cajas, dando un promedio de</p> <p>1 caja de banano = (300 racimos /156 cajas)</p> <p>1caja= 1.92 racimos por cada caja.</p>
<p>COSTOS E INGRESOS</p>	<p>Mediante la información brindada por la administradora de la bananera “MONTECEL” en cuanto a la información de costos e ingresos , manifestó que el rubro del personal es el de mayor impacto , cuando llevan personal extra por un error de cálculo implica no solamente cubrir el sueldo de ese recurso , sino también los insumos que ese trabajador dispone para hacer su trabajo y también los rubros de alimentación de transportación la situación se vuelve critica al punto que en ocasiones se genera deuda por que no se logra cubrir los gastos generados .</p> <p>Se puede concluir que optimizando el rubro de mayor costo e importancia en la bananera, como lo es el sueldo del personal de labores, se genera una optimización en el rendimiento económico, debido a la disminución de costos en insumos, alimentación, transportación y maximización de ingresos debido al ahorro y el correcto cálculo de sueldos.</p>

CAPITULO V

SOLUCION PROPUESTA.

5.1 Escenario actual de la bananera, con el cual va a proponer un modelo matemático y la solución tecnología para realizar la simulación de los diferentes escenarios.

A continuación, se detalla el escenario actual de la bananera, con la intención de hacer la simulación con datos reales:

1. Se conoce que en la bananera “MONTECEL” cuando tiene un cupo de 150 cajas de banano por exportar, corta en promedio 300 racimos de banano para completar dicho cupo, durante toda la jornada laboral.

2. El proceso comienza desde que se selecciona el racimo idóneo en la planta, luego se corta y es llevado a la línea transportadora para ubicar el racimo en una garrucha, una vez que se llega a los 20 racimos, se envía ese grupo o garruchada hacia la empacadora para que sean desmanados por el servidor1 cada 20 minutos, ese tiempo depende de la cantidad de trabajadores que interactúan en esta parte del proceso, que es la selección de los racimos. La base de trabajadores en esta área es de 5 personas.

3. El servidor1 tiene un tiempo de servicio por racimo de 45 segundos en promedio, en ciertos racimos el tiempo de procesamiento es de 30 segundos y en racimos más grandes y de mejor cosecha demora 60 segundos, dando en total una duración promedio de 17 minutos, en procesar la garruchada completa, por hora procesa hasta 4 garruchadas, que llegan siguiendo una distribución poisson.

4. Cada 45 segundos un racimo es atendido por el servidor1 y pasa a alimentar la cola2 , en esta etapa el banano se encuentra en las tinas de lavado de la fruta , donde se pesa

con exactitud cada mano de banano para que cumpla el estándar requerido , luego en un recipiente plástico se agrupa las manos de banano hasta cumplir con el peso de una caja y pasa a ser atendido por el servidor2 donde finalmente el banano es embalado en las cajas de cartón y ubicado en el camión que las transporta , terminando así todo el proceso de corte de fruta .

5. El servidor2 tiene un tiempo promedio de servicio de un minuto por caja de banano. el tiempo que el banano dura en la cola2 es de 8 minutos antes de ser atendido por el servidor2 que espera la llegada de las manos de banano que siguen una distribución poisson.

5.2 Modelo matemático

El modelo de colas que utiliza la bananera “MONTECEL”, es un modelo basado en dos servidores que trabajan en serie sobre la misma cola. A este modelo se lo conoce como sistema de colas en serie. Este modelo de colas en serie con dos servidores fue propuesto por AK Erlang quien representó el sistema con un modelo matemático, el mismo que se ha ido mejorando a lo largo del tiempo por la contribución de más autores sobre el trabajo propuesto de Ak Erlang.

En este modelo, se utilizan las siguientes notaciones para simular el comportamiento de la cola:

λ : Tasa de llegada promedio de clientes al sistema (clientes por unidad de tiempo).

μ_1 : Tasa de servicio promedio del primer servidor (clientes por unidad de tiempo).

μ_2 : Tasa de servicio promedio del segundo servidor (clientes por unidad de tiempo).

ρ_1 : Utilización promedio del primer servidor (fracción del tiempo que está ocupado).

ρ_2 : Utilización promedio del segundo servidor (fracción del tiempo que está ocupado).

L_q : Número promedio de clientes en la cola.

Ls: Número promedio de clientes en el sistema (en la cola más los que están siendo atendidos).

Wq: Tiempo promedio que un cliente pasa esperando en la cola.

Ws: Tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema (en la cola más el tiempo de servicio).

1. Factor de utilización (ρ) para cada servidor.

Es la medida de la utilización o carga que soporta el servidor en un sistema de colas, conocer este dato permite analizar el nivel de trabajo que está teniendo el o los servidores del sistema, y tomar decisiones de optimización sobre el rendimiento de este.

Los datos están representados de la siguiente manera:

ρ_1 : Utilización promedio del primer servidor.

ρ_2 : Utilización promedio del segundo servidor.

λ : Tasa de llegada promedio de clientes al sistema.

μ_1 : Tasa de servicio promedio del primer servidor.

μ_2 : Tasa de servicio promedio del segundo servidor.

$$\rho_1 = \lambda / \mu_1$$

$$\rho_2 = \lambda / \mu_2$$

2. Número medio de clientes en la cola para cada servidor:

Los clientes llegan al sistema y esperan en una cola si el servidor está ocupado atendiendo a otros clientes, una vez que el servidor se libera, atiende al cliente. Esta métrica permite calcular la cantidad de clientes que han llegado al sistema y tuvieron que esperar en la cola atención de cada servidor. Los datos están representados de la siguiente manera:

Lq: Número promedio de clientes en la cola.

ρ1: Utilización promedio del primer servidor.

ρ2: Utilización promedio del segundo servidor.

$$Lq1 = (\rho1^2) / (1 - \rho1)$$

$$Lq2 = (\rho2^2) / (1 - \rho2)$$

3. Número medio de clientes en el sistema:

Esta métrica representa la cantidad esperada de clientes que se encuentran en el sistema, incluyendo aquellos que están siendo atendidos por un servidor y aquellos que están esperando en la cola. Los datos están representados de la siguiente manera:

Ls: Número promedio de clientes en el sistema (tanto en la cola más los que están siendo atendidos).

Lq1: Número promedio de clientes en la cola1.

Lq2: Número promedio de clientes en la cola2.

λ: Tasa de llegada promedio de clientes al sistema.

μ1: Tasa de servicio promedio del primer servidor.

μ2: Tasa de servicio promedio del segundo servidor.

$$L = Lq1 + Lq2 + \lambda / \mu1 + \lambda / \mu2$$

4. Tiempo medio de espera en la cola para cada servidor:

Se refiere al tiempo promedio que un cliente pasa esperando en la cola antes de ser atendido por cada servidor en un modelo de colas en serie, donde:

Lq: es el número promedio de clientes en la cola para ese servidor (es decir, el número promedio de clientes esperando en la cola).

λ : Tasa promedio de llegada de clientes al servidor (clientes por unidad de tiempo).

$$Wq1 = Lq1 / \lambda$$

$$Wq2 = Lq2 / \lambda$$

5. Tiempo medio de espera en el sistema:

Esta métrica representa al tiempo promedio que un cliente pasa esperando en todas las colas de todos los servidores antes de ser completamente atendido y donde abandona el sistema. Los datos están representados de la siguiente manera:

Ws: Tiempo promedio que un cliente pasa en el sistema (en la cola más el tiempo de servicio).

Wq1: Tiempo promedio que un cliente pasa esperando en la cola1.

Wq2: Tiempo promedio que un cliente pasa esperando en la cola2.

$\mu1$: Tasa de servicio promedio del primer servidor.

$\mu2$: Tasa de servicio promedio del segundo servidor.

$$Ws = Wq1 + Wq2 + 1 / \mu1 + 1 / \mu2$$

Figura 9
Interacción de variables del sistema de colas.

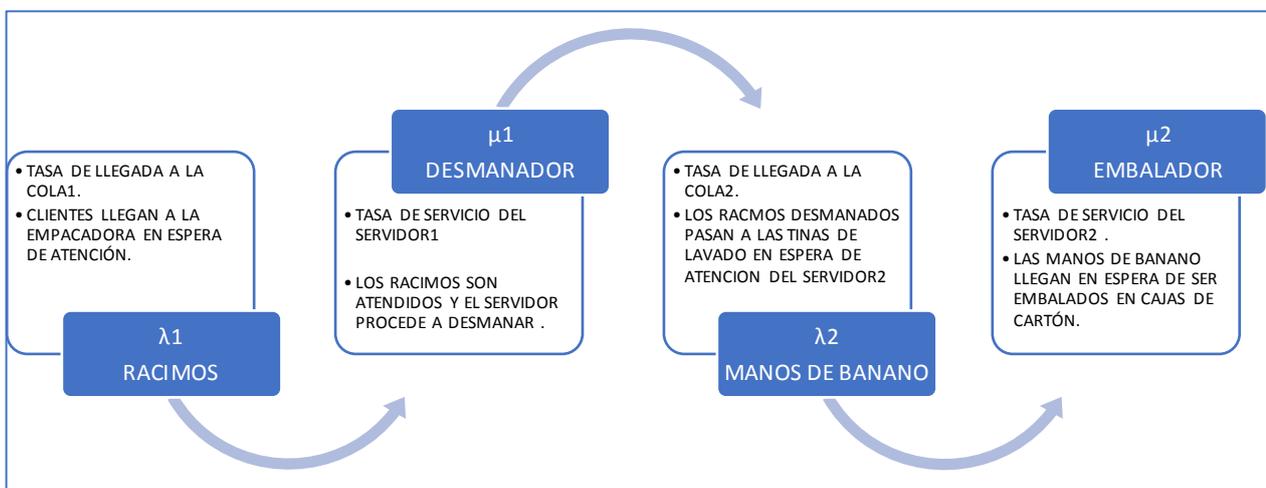
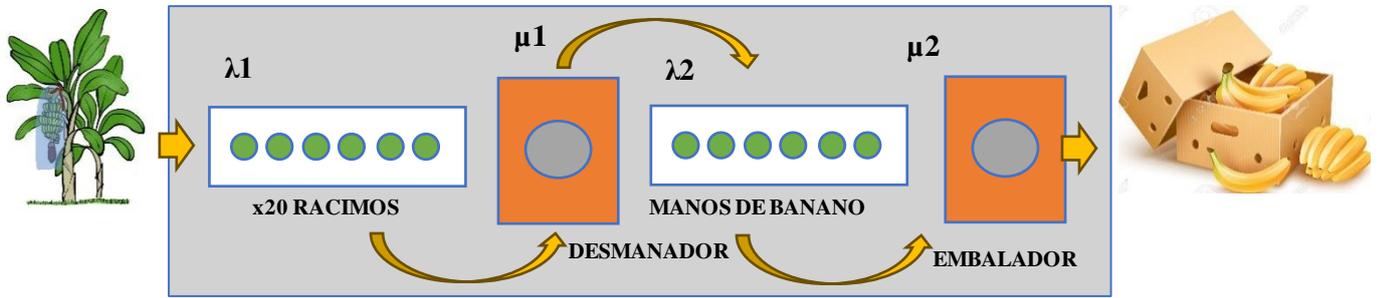


Figura 10
 Representación gráfica del sistema de colas en serie con sus variables.



5.2.1.1 Aplicación del modelo matemático en el sistema actual de colas de la bananera “MONTECEL”.

En esta sección se aplica el modelo matemático al sistema de colas utilizado en la bananera “MONTECEL”, donde las métricas calculadas indican la capacidad actual del sistema implementado y ayudaran a la toma de decisiones sobre el rendimiento de este.

1. Factor de utilización (ρ) para cada servidor:

$$\rho_1 = \lambda / \mu_1 = 20\text{min} / 17\text{min} = 1.17 = \mathbf{117\% \text{ de utilización}}$$

$$\rho_2 = \lambda / \mu_2 = 17\text{min} / 20\text{min} = 0.85 = \mathbf{85\% \text{ de utilización}}$$

El factor de utilización indica que el servidor1 es utilizado a **117%** de su capacidad, lo cual nos indica que está por encima de su capacidad total. En cambio, el servidor2 refleja un **85%** de uso, el porcentaje alto del servidor1 nos indica que en el actual escenario sería un causante de atrasos los tiempos del sistema y por ende contribuye a que se genere colas de espera.

2. Número medio de clientes en la cola para cada servidor:

$$Lq1 = (\rho1^2) / (1 - \rho1) = (1.17^2) / (1 - 1.17) = (1.36) / (-0.17) = 8 \text{ clientes}$$

$$Lq2 = (\rho2^2) / (1 - \rho2) = (0.85^2) / (1 - 0.85) = (0.722) / (0.15) = 4.81 \text{ clientes}$$

Estos resultados indican que la cola 1 puede llegar a tener hasta un número de **8** clientes en espera de ser atendidos durante la jornada laboral mientras que la cola2 podría llegar a tener hasta 5 clientes en espera de ser atendidos

3. Número medio de clientes en el sistema:

$$\begin{aligned} Ls &= Lq1 + Lq2 + \lambda / \mu1 + \lambda / \mu2 \\ &= 8 + 4.81 + (20/17) + (17/20) \\ &= 14.83 \end{aligned}$$

Alrededor de **15** es el número promedio de clientes que estarán en el sistema al mismo tiempo, incluyendo ambas colas, los que están siendo atendidos y también los clientes que están en espera de atención.

4. Tiempo medio de espera en la cola para cada servidor:

$$Wq1 = Lq1 / \lambda = 8 / 4 = 2 \text{ min / cliente}$$

$$Wq2 = Lq2 / \lambda = 4.81 / 4 = 1.20 \text{ min /clientes}$$

Los clientes de la cola1 en promedio esperarían hasta 2 minutos para ser atendidos por el servidor, mientras que en la cola 2 el tiempo de espera es de **1.20 minutos** por cada cliente.

5. Tiempo medio de espera en el sistema:

$$W_s = W_q1 + W_q2 + 1 / \mu_1 + 1 / \mu_2$$

$$= 2 + 1.20 + (1/17) + (1/20)$$

$$= 3.308$$

El tiempo promedio que un cliente puede esperar a ser atendido en ambas colas puede llegar a los **3.308** minutos.

5.2.2 Simulación del comportamiento de las colas en el sistema.

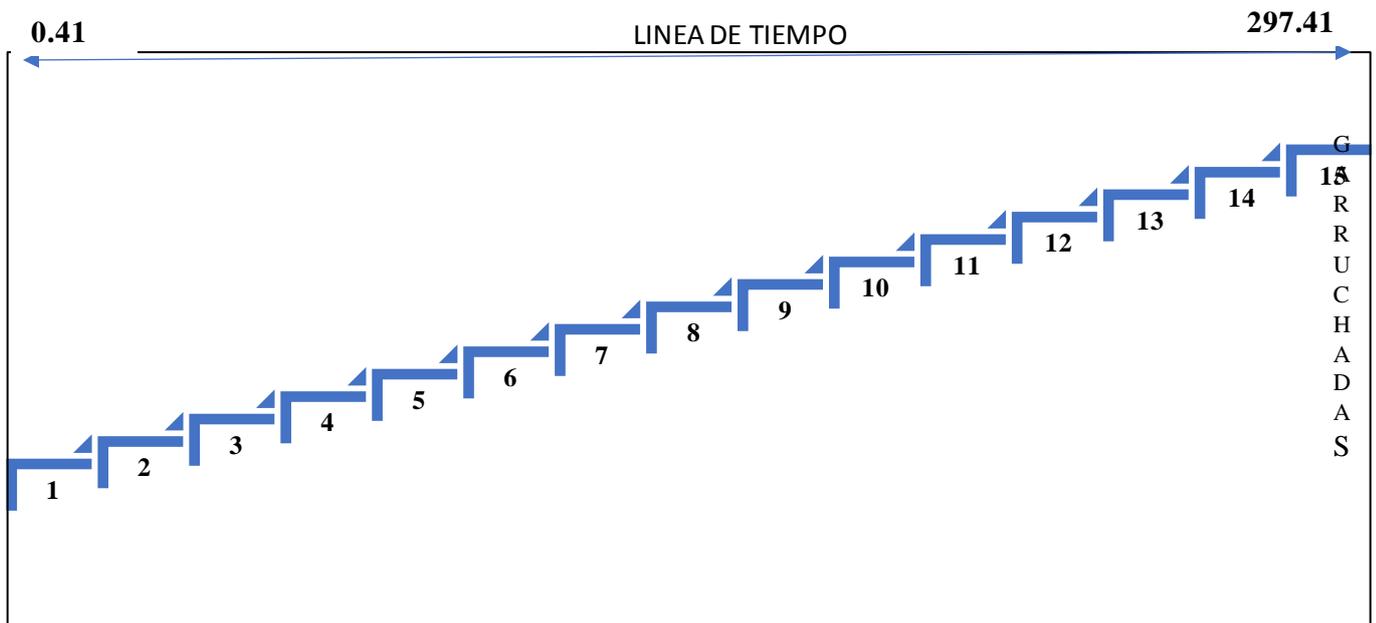
Tabla 6
Simulación del comportamiento de la cola1

CLIENTES	TIEMPO DE LLEGADA (COLA1)	TIEMPO ENTRE LLEGADAS (COLA1)	TIEMPO DE ESPERA (COLA1)	TIEMPO DONDE INICIA EL SERVICIO (COLA1)	TIEMPO DE SERVICIO (MINUTOS) (COLA1)	TIEMPO DE FINALIZACION DE SERVICIO (COLA1)
1	0,41	20,00	0	0,41	17,00	17,41
2	20,41	20,00	0	20,41	17,00	37,41
3	40,41	20,00	0	40,41	17,00	57,41
4	60,41	20,00	0	60,41	17,00	77,41
5	80,41	20,00	0	80,41	17,00	97,41
6	100,41	20,00	0	100,41	17,00	117,41
7	120,41	20,00	0	120,41	17,00	137,41
8	140,41	20,00	0	140,41	17,00	157,41
9	160,41	20,00	0	160,41	17,00	177,41
10	180,41	20,00	0	180,41	17,00	197,41
11	200,41	20,00	0	200,41	17,00	217,41
12	220,41	20,00	0	220,41	17,00	237,41
13	240,41	20,00	0	240,41	17,00	257,41
14	260,41	20,00	0	260,41	17,00	277,41
15	280,41	20,00	0	280,41	17,00	297,41

En la tabla de simulación de la cola1 podemos obtener las siguientes conclusiones:

- Ver que no se generan tiempos de espera, debido a que la llegada de los clientes es uniforme, es decir cada cliente llega con un intervalo de 20 minutos y el tiempo que demora el servicio es de 17 minutos por lo tanto podemos observar que en la simulación el primer cliente llega y es atendido de inmediato debido a que no hay clientes en espera, luego el cliente1 termina de ser atendido en el minuto 17 por lo cual libera el uso del servidor para el siguiente cliente.
- El cliente 2 llega con una diferencia de 20 minutos con respecto al cliente anterior y es atendido de inmediato debido a que el servidor fue liberado 3 minutos antes, con esta constante en el arribo de los clientes podemos hacer trabajar al servidor a su máxima capacidad, pero sin generar tiempos de retrasos. De esta manera cada cliente que llega será atendido enseguida porque no hay cliente en espera.
- La simulación de la cola1 también nos muestra que tuvo un tiempo de trabajo de 297.41 minutos para procesar la cantidad de 300 racimos que equivale en horas a 4.96 horas.

Figura 11
Representación gráfica del comportamiento de cola1



En esta representación se puede observar que el comportamiento del sistema es normal debido a que no hay tiempos de espera, no se generan colas y los clientes son atendidos a medida que van llegando.

Tabla 7
 Simulación de la cola2

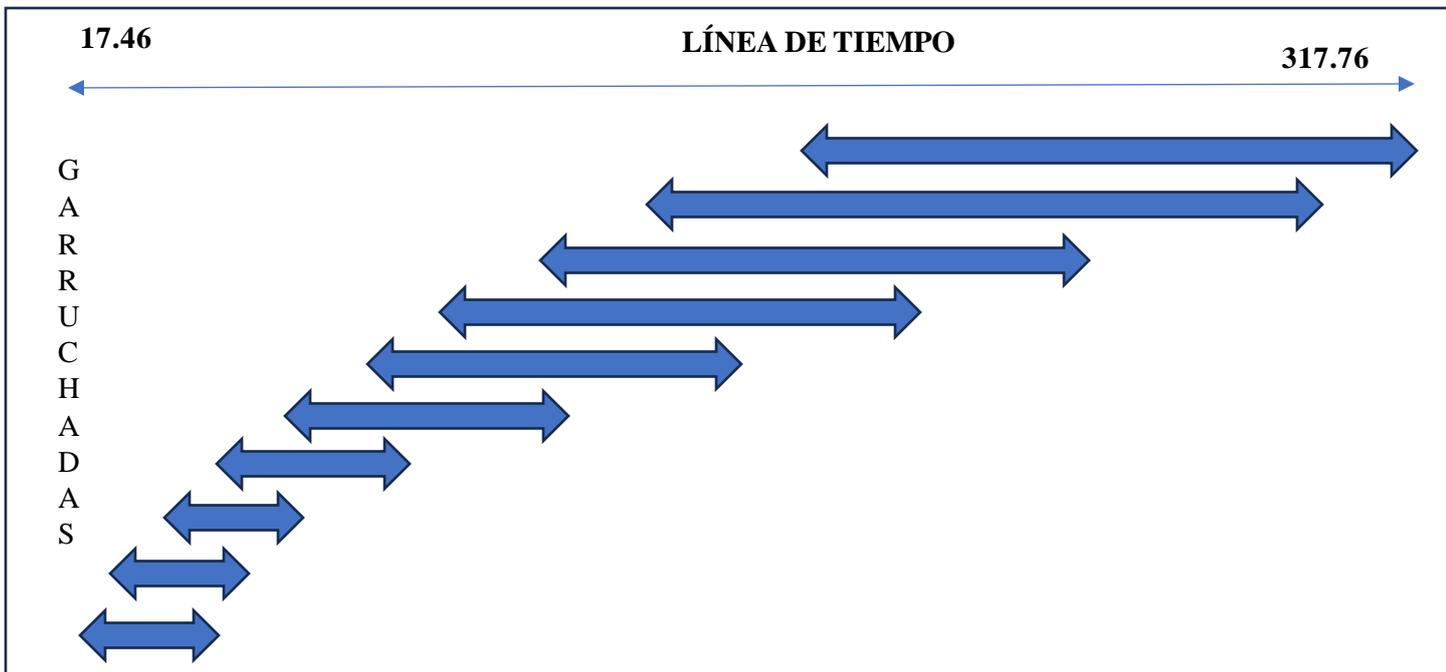
TIEMPO DE LLEGADA (COLA2)	TIEMPO DE ESPERA (COLA2)	TIEMPO DONDE INICIA EL SERVICIO (COLA2)	TIEMPO DE SERVICIO (MINUTOS) (COLA2)	TIEMPO DE FINALIZACION DE SERVICIO (COLA2)
17,76	0	17,76	20	37,76
34,76	3,00	37,76	20	57,76
51,76	6,00	57,76	20	77,76
68,76	9,00	77,76	20	97,76
85,76	12,00	97,76	20	117,76
102,76	15,00	117,76	20	137,76
119,76	18,00	137,76	20	157,76

136,76	21,00	157,76	20	177,76
153,76	24,00	177,76	20	197,76
170,76	27,00	197,76	20	217,76
187,76	30,00	217,76	20	237,76
204,76	33,00	237,76	20	257,76
221,76	36,00	257,76	20	277,76
238,76	39,00	277,76	20	297,76
255,76	42,00	297,76	20	317,76

En la simulación de la cola2 se puede concluir lo siguiente:

- Se generan tiempos de espera por que la tasa de llegada de clientes es menor a la que tasa de servicio, por consecuencia cuando el cliente arriba a la cola2 el servidor estará ocupado con el cliente anterior hasta que termine la atención.
- En esta cola el tiempo de arribo del cliente lo determina el tiempo de servicio1, ya que a media que el servidor1 termine de procesar al cliente, el mismo arribara a la cola2. El tiempo de trabajo del servidor 2 es de 317.76 minutos que equivalen a 4.65 horas de trabajo.

Figura 12
Representación gráfica del comportamiento de la cola2



La representación gráfica del comportamiento de la cola2 muestra que debido al tiempo de servicio que es mayor a la tasa de llegada, los clientes a medida que llegan el tiempo de espera aumentan por lo que el tiempo que permanecía en el sistema es mayor en cada llegada de cliente.

5.3 Prototipo de software

Para el desarrollo de este prototipo de simulación de colas, se utilizó:

- Lenguaje de programación **PYTHON** versión **3.11**, debido a su costo \$0 y las facilidades que brinda para el desarrollo del código fuente.
- Compilador de Python online gratis, llamado **REPLIT.com** cuyo costo de uso también es de \$0 y además de facilitar el uso de las librerías, la visualización del código es amigable, permitiendo así tener un mejor orden sobre la estructura

del código y una mayor rapidez para la identificación de errores en el código fuente.

Las librerías utilizadas son:

- **TKINTER:** La interfaz gráfica se desarrolló por medio de esta librería, que es utilizada para realizar aplicaciones de escritorio.
- **SIMPY:** Esta librería es usada para la simulación de eventos discretos, y fue utilizada para implementar la simulación de la cola.
- **MATH:** Es una librería que contiene funciones matemáticas, se la utilizó para los cálculos de las métricas del sistema de colas.
- **RANDOM:** Librería usada para la generación de valores aleatorios.

A continuación, se muestra capturas del entorno donde se desarrolló el código fuente del prototipo:

Figura 13
Entorno de desarrollo Replit.com.

```
main.py - SIMULACION LINEAS DE ESPERA
replit.com/@edisonorresech/SIMULACION-LINEAS-DE-ESPERA#main.py

SIMULACION LINEAS DE ESPERA
edisonorresech

main.py
1 import random
2 import math
3 import simpy
4
5 #variables
6 semilla=30
7 num_servidores=1
8 tiempo_corte_min=15;
9 tiempo_corte_max=30;
10 t_llegadas=15;
11 tot_clientes=5;
12 te= 0.0 #tiempo de espera total
13 dt= 0.0 #duracion de servicio
14 fin= 0.0 #minuto en que finaliza
15
16 #PROCEDIMIENTOS
17 def cortar (cliente):
18     global dt
19     R= random.random()
20     tiempo= tiempo_corte_max-tiempo_corte_min
21     tiempo_corte= tiempo + (tiempo*R) #distribucion uniforme
22     yield env.timeout(tiempo_corte) #deja correr el tiempo en n minutos
23     print(" CORTE LISTO A %s en %2f MINUTOS " %(cliente, tiempo_corte))
24
```

```
--- Cliente 2 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 46.03
Cliente 3 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 46.03 HABIENDO ESPERADO 11.77
--- Cliente 4 LLEGÓ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 54.620168
--- Cliente 5 LLEGÓ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 61.277533
CORTE LISTO A Cliente 3 en 20.957974 MINUTOS
--- Cliente 3 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 66.99
Cliente 4 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 66.99 HABIENDO ESPERADO 12.37
CORTE LISTO A Cliente 4 en 29.832168 MINUTOS
--- Cliente 4 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 96.82
Cliente 5 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 96.82 HABIENDO ESPERADO 35.54
CORTE LISTO A Cliente 5 en 21.922995 MINUTOS
--- Cliente 5 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 118.74
INDICADORES OBTENIDOS:
LONGITUD PROMEDIO DE LA COLA : 0.50
TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO: 11.94
USO PROMEDIO DE LA INSTALACION: 0.90
```

Figura 14
Simulación de evento discreto mediante consola.

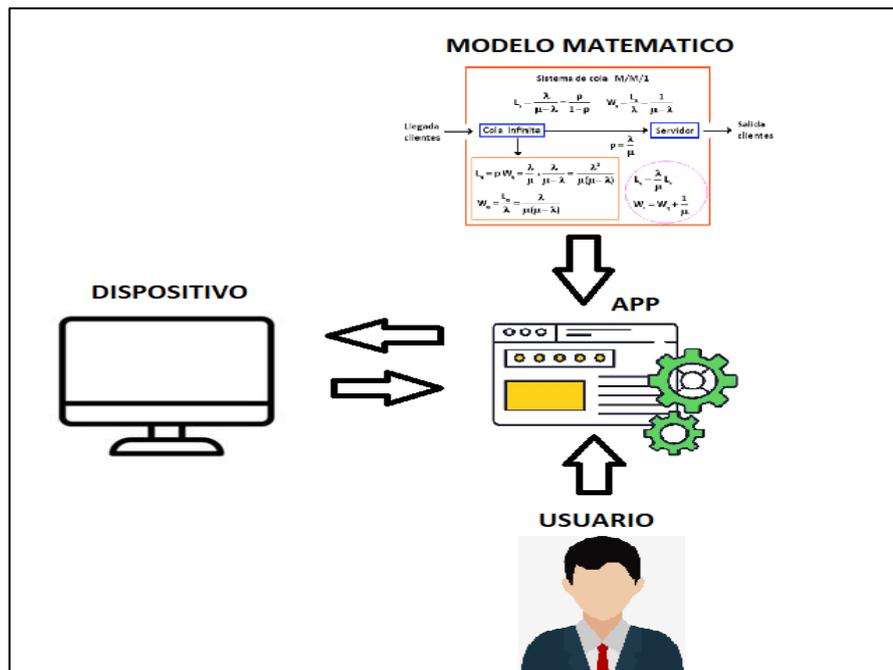
```
>_ Console x Shell x +
***** S I M U L A C I O N *****
--- Cliente 1 LLEGÒ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 9.268326
  Cliente 1 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 9.27 HABIENDO ESPERADO
  0.00
CORTE LISTO A Cliente 1 en 15.450554 MINUTOS
--- Cliente 1 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 24.72
--- Cliente 2 LLEGÒ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 27.878062
  Cliente 2 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 27.88 HABIENDO ESPERADO
  0.00
--- Cliente 3 LLEGÒ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 34.256138
CORTE LISTO A Cliente 2 en 18.150130 MINUTOS
--- Cliente 2 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 46.03
  Cliente 3 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 46.03 HABIENDO ESPERADO
  0 11.77
--- Cliente 4 LLEGÒ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 54.620168
--- Cliente 5 LLEGÒ A LA PROCESADORA EN EL MINUTO 61.277533
CORTE LISTO A Cliente 3 en 20.957974 MINUTOS
--- Cliente 3 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 66.99
  Cliente 4 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 66.99 HABIENDO ESPERADO
  0 12.37
CORTE LISTO A Cliente 4 en 29.832168 MINUTOS
--- Cliente 4 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 96.82
  Cliente 5 ES ATENDIDO POR EL SERVIDOR EN EL MINUTO 96.82 HABIENDO ESPERADO
  0 35.54
CORTE LISTO A Cliente 5 en 21.922995 MINUTOS
--- Cliente 5 DEJA LA PROCESADORA EN EL MINUTO 118.74
INDICADORES OBTENIDOS:

LONGITUD PROMEDIO DE LA COLA : 0.50
TIEMPO DE ESPERA PROMEDIO: 11.94
USO PROMEDIO DE LA INSTALACION: 0.90
> □
```

5.3.1 Esquema lógico

A continuación, se presenta gráficamente el esquema que se desarrolló del funcionamiento lógico del prototipo propuesto.

Figura 15
Esquema lógico.



Como se aprecia en la ilustración del esquema lógico, el funcionamiento es secuencial donde el usuario que va a interactuar con la aplicación debe ingresar los parámetros del sistema y enviarlos a procesar, el prototipo del software mediante el modelo matemático implementado en el código fuente, realizará el análisis que se generan las métricas calculadas del sistema de colas y también la simulación del comportamiento de la cola.

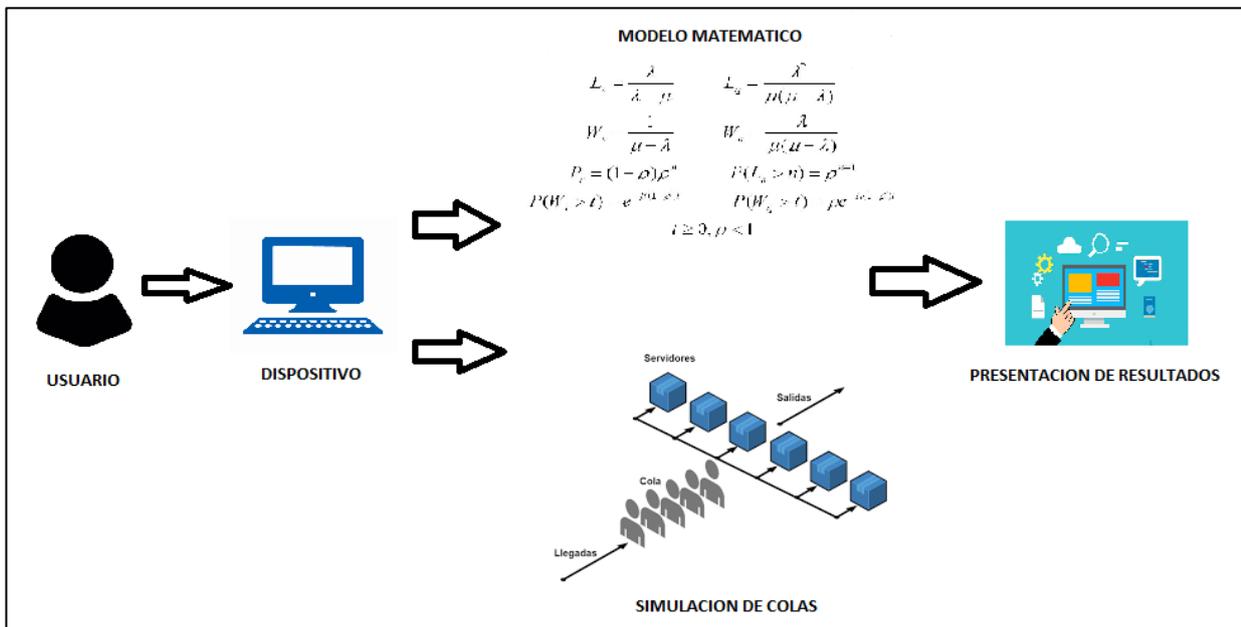
Elementos del esquema lógico:

- **USUARIO:** Desarrollador del código fuente del prototipo de aplicación.
- **COMPUTADOR:** Equipo donde se va a instalar y ejecutar la aplicación de prototipo.
- **MODELO MATEMATICO:** Representa el modelo matemático del sistema de colas implementado en el código fuente.
- **APP:** Este elemento representa el prototipo de aplicación desarrollado.

5.3.2 Esquema funcional

A continuación, se presenta gráficamente el esquema que se desarrolló del funcionamiento lógico del prototipo propuesto

Figura 16
Esquema funcional.



La aplicación requiere de componentes mínimos de hardware, con menos de 1gb de RAM y un procesador i3 son suficiente para la implementación y uso de la

aplicación, en cuanto a software se ha usado Windows 10 para el desarrollo, el mismo sistema operativo o superior puede usarse para el funcionamiento de la aplicación.

Elementos del esquema funcional:

- **USUARIO:** El usuario hace el ingreso de las variables por medio de la interfaz gráfica de la aplicación.
- **COMPUTADOR:** En el computador reside la aplicación, donde una vez hecho el ingreso de datos por parte del usuario, debe enviar a procesar los mismos. Se generará las métricas del modelo del sistema de colas calculada por modelo matemático y también se simulará el funcionamiento de la cola.
- **MODELO MATEMATICO:** Representa el modelo matemático de la teoría de colas desarrollado en el código fuente de la aplicación. Recibe los parámetros ingresados por el usuario y calcula las métricas del modelo matemático.
- **SIMULACION DE COLAS:** Se genera el comportamiento de la cola en el modelo implementado.
- **PRESENTACION DE RESULTADOS:** El usuario por medio de pantalla puede visualizar los resultados del modelo matemático y el comportamiento de la cola en el sistema.

5.4 Costo/beneficio

A continuación, se mostrarán los costos de desarrollo y de implementación, así también como la infraestructura tecnológica que se utilizó para elaborar el prototipo.

Tabla 8
Cuadro de costo/beneficio en la etapa de desarrollo.

COSTO/BENEFICIO EN EL DESARROLLO	
PC DE ESCRITORIO DELL i5	COSTO
Se empleó este equipo en el desarrollo porque brindaba las características necesarias para implementar el lenguaje de desarrollo.	\$350
LENGUAJE DE DESARROLLO PYTHON	
Se utilizó este lenguaje de código abierto sin costo de licencia y que brinda las facilidades para el desarrollo del prototipo.	\$0
REPLIT.COM	
Se utilizó este compilador online que no tiene costo y que facilita el uso de librerías en el desarrollo del aplicativo.	\$0
	\$350

Tabla 9
Cuadro de costo/beneficio en la implementación.

COSTO/BENEFICIO EN LA IMPLEMENTACIÓN	
PC DE ESCRITORIO i3 / 2 gb RAM	COSTO
Este computador con características básicas es suficiente para la implementación del prototipo que no depende de un equipo robusto para su funcionamiento.	\$250
SISTEMA OPERATIVO WINDOWS	
Cualquier versión del sistema operativo Windows sirve para la implementación. Por lo que se usa el sistema operativo que vino instalado en el computador.	\$0
	\$250

Características del equipo utilizado para el desarrollo del prototipo:

Tabla 10

Características del equipo utilizado para el desarrollo del prototipo

EQUIPO DE ESCRITORIO DELL I3 / 8 gb RAM	
PROCESADOR	Intel(R) Core (TM) i5-3570 CPU @ 3.40GHz 3.40 GHz
RAM INSTALADA	8,00 GB
TIPO DE SISTEMA OPERATIVO	Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64
EDICION DEL SISTEMA OPERATIVO	Windows 10 Pro
MAINBOARD	DELL

6. CONCLUSIONES

Se pudo identificar las variables, sus comportamiento y actividades del proceso “Corte de banano” mediante la técnica de observación, al observar el proceso en ejecución se pudo determinar variables de tiempos de servicios, tiempos de llegadas, y cantidad de racimos a cortar, además de las estaciones de servicios que intervienen en el proceso y que cumplen el rol de “servidor”. Junto a las entrevistas que se realizó a la administradora de la bananera y al capataz se logró obtener datos reales de las variables en cuestión, de esta manera se puede lograr una simulación más apegada a la realidad.

Una vez que se identifica: la cantidad y el comportamiento de los servidores, el comportamiento de las colas, las variables con sus respectivos datos de tiempos de arribos, tiempos de espera y de servicio, se pudo modelar el sistema de colas que utiliza actualmente la bananera “MONTECEL”, encajando en el conocido modelo de procesos de producción llamado “Modelo de colas con servidores en serie.” Donde la atención de los servidores es secuencial. Modelar el sistema de colas permite conocer el rendimiento actual del mismo, así como obtener métricas que permiten optimizar, el proceso de corte, el sistema de colas, cantidad de trabajadores idóneos y así generando un mejor rendimiento de los recursos de la bananera, a través de disminuir gastos en sueldos de trabajadores innecesarios, los mismo que son identificados por la teoría de colas. y este eficiente cálculo de trabajadores basado en el rendimiento del sistema permite maximizar los ingresos que ya tiene la bananera.

Luego de implementar la teoría de colas en el modelo identificado se precedió al desarrollo de un prototipo de software, una herramienta que permite al usuario simular diferentes escenarios de colas a través del ingreso de parámetros, los mismo son usados para generar

métricas que determinan el rendimiento actual del sistema de colas. Esta herramienta es usada cada vez que se ejecuta el proceso de corte ya que semana a semana los parámetros pueden o variar.

7. RECOMENDACIONES

Se dan las siguientes recomendaciones para obtener el mejor uso posible de la herramienta desarrollada en el presente proyecto de trabajo curricular en el momento de la implementación.

1. El computador para utilizarse debe tener espacio disponible mínimo de 100 megas para poder almacenar el archivo. exe y las imágenes que son usadas en la personalización de la interfaz gráfica.
2. El ingreso de los parámetros a la aplicación deben ser números positivos para que pueda generarse el cálculo.
3. El operador del prototipo debe saber el significado de cada métrica y su función en el sistema para que se pueda obtener un óptimo análisis de rendimiento.
4. La aplicación no requiere de autenticación por lo que el usuario solo debe hacer el ingreso de parámetros para obtener la simulación del sistema de colas.
5. Si bien es cierto el prototipo de simulación de colas es una herramienta que pretende optimizar el rendimiento del sistema, los datos generados son valores objeto de análisis e interpretación.

8. REFERENCIA

¿Qué es Java y por qué lo necesito? (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de https://www.java.com/en/download/help/whatis_java.html

¿Qué es la gestión de almacenes? (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de <https://www.logycom.mx/blog/que-es-la-gestion-de-almacenes>

¿Qué es un prototipo? | Blog UE. (2022, abril 20). Universidad Europea. <https://universidadeuropea.com/blog/que-es-prototipo/>

¿Qué es un prototipo? Curso de Interacción Persona-Ordenador. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de <https://mpiua.invid.udl.cat/fases-mpiua/prototipado/que-es-un-prototipo/>

Aguilera C., C. I. (2000). Un enfoque gerencial de la teoría de las restricciones. *Estudios Gerenciales*, 16(77), 53-69.

Alfonso Urquia Moraleda & Carla Martín Villalba. (2013). Modelado y simulación de eventos discretos. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://portalcientifico.uned.es/documentos/5f88ea6d29995259ef291c1b>

Arevalo Pabon, A. L. (2018). Aplicación de la teoría de colas en tiempos de espera para la atención de usuarios en el laboratorio clínico de la empresa IPS Unipsalud 2000 Guaduas Ltda. <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/20927>

Barrios Carlos. (2023, enero 24). Las principales diferencias entre FIFO y LIFO en Logística. *Información Logística*. <https://informacionlogistica.com/las-principales-diferencias-entre-fifo-y-lifo-en-logistica/>

Características de un sistema de colas. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de <https://www.um.es/or/ampliacion/node3.html>

Distribución de poisson. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de <https://www.uv.es/ceaces/base/modelos%20de%20probabilidad/poisson.htm>

Martínez Aguilar, E. E. (2019). Mejoramiento de producción del carguío y transporte mediante la teoría de colas en Compañía Minera Los Andes Perú Gold SAC. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/4941>

MATLAB - El lenguaje del cálculo técnico. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de <https://la.mathworks.com/products/matlab.html>

Piza Burgos, N. D., Amaiquema Márquez, F. A., Beltrán Baquerizo, G. E., Piza Burgos, N. D., Amaiquema Márquez, F. A., & Beltrán Baquerizo, G. E. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado*, 15(70), 455-459.

Qué es C++: Características y aplicaciones. (2019, julio 22). OpenWebinars.net. <https://openwebinars.net/blog/que-es-cpp/>

Simulación. Artículo de la Enciclopedia. (s. f.). Recuperado 30 de julio de 2023, de <http://enciclopedia.us.es/index.php/Simulaci%C3%B3n>

Tipos de simulaciones – Blog de LABSAG. (2021, agosto 16). <https://labsag.co.uk/blog/index.php/2021/08/16/tipos-de-simulaciones/>

Welcome to Python.org. (2023, julio 11). Python.org. <https://www.python.org/>

9. ANEXOS

9. 1 MANUAL DE USUARIO

Aplicación de escritorio

Manual de usuario del “PROTOTIPO DE APLICACIÓN INFORMÁTICA PARA SIMULAR EL COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES MEDIANTE TEORIA DE COLAS PARA MAXIMIZAR INGRESOS Y/O MINIMIZAR COSTOS EN PROCESO DE CORTE DE FRUTA PARA EXPORTACIÓN DE LA BANANERA “MONTECEL”.”

Versión 1.0

Edison Torres Echeverría

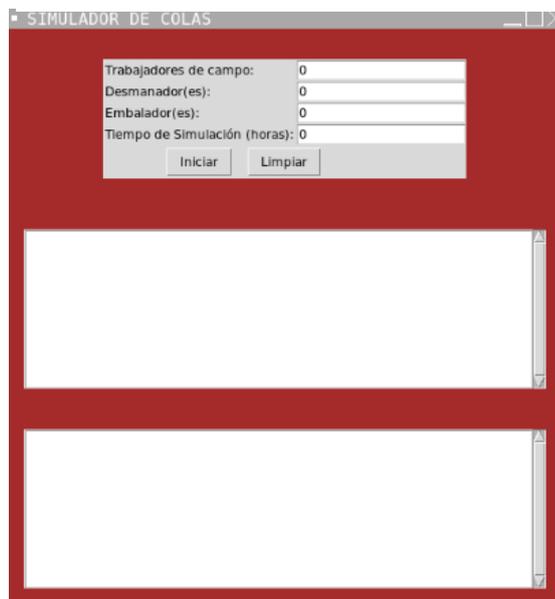
Introducción

El prototipo desarrollado es una aplicación de escritorio, cuya función es simular el comportamiento de un sistema de colas en serie con dos servidores. La utilización del aplicativo es similar al de una Calculadora, el usuario debe ingresar los datos en función a los trabajadores que estarán en las diferentes áreas del sistema de colas y el prototipo genera, el comportamiento de dichas colas y también métricas sobre el rendimiento del sistema. Dicha información se muestra en dos visores de texto.

Pantalla de inicio

Esta es la primera pantalla que visualiza el usuario del prototipo, no requiere de autenticación, debido a que la aplicación no guarda los datos generados en las iteraciones, es una herramienta del calculo que ayuda al usuario en sus procesos gerenciales, como la generación de presupuestos, control de gastos, etc.

Figura 17
Pantalla de inicio del prototipo



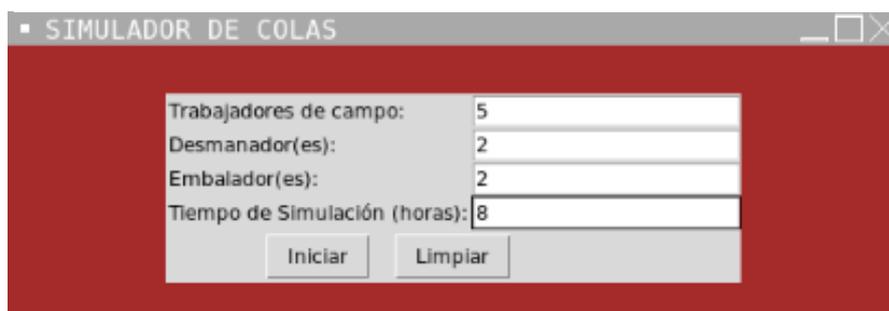
Ingreso de datos

1. En esta sección el usuario debe ingresar los datos para que el prototipo inicie la simulación y a continuación presionar **INCIAR**.
2. Si el usuario desea generar una nueva simulación puede vaciar las cajas de texto con el botón **LIMPIAR** y puede ingresar los nuevos datos.

Los datos para ingresar son los siguientes:

- a) Trabajadores de campo: Es la cantidad de trabajadores que laboraran en el área del cultivo, este campo define la tasa de llegada al servidor 1.
- b) Desmanador: Es la cantidad de desmanadores que laboraran en el sistema, este campo define la tasa de servicio del servidor1
- c) Embaladores: Es la cantidad de embaladores que laboraran en el sistema, este campo define la tasa de servicio del servidor2
- d) Tiempo de simulación: Definido en horas, es el rango de tiempo donde se generará la simulación.

Figura 18
Ingreso de datos para generar la simulación.



The screenshot shows a window titled "SIMULADOR DE COLAS" with a dark red background. It contains four input fields with the following values: "Trabajadores de campo: 5", "Desmanador(es): 2", "Embalador(es): 2", and "Tiempo de Simulación (horas): 8". Below the fields are two buttons: "Iniciar" and "Limpiar".

Trabajadores de campo:	5
Desmanador(es):	2
Embalador(es):	2
Tiempo de Simulación (horas):	8

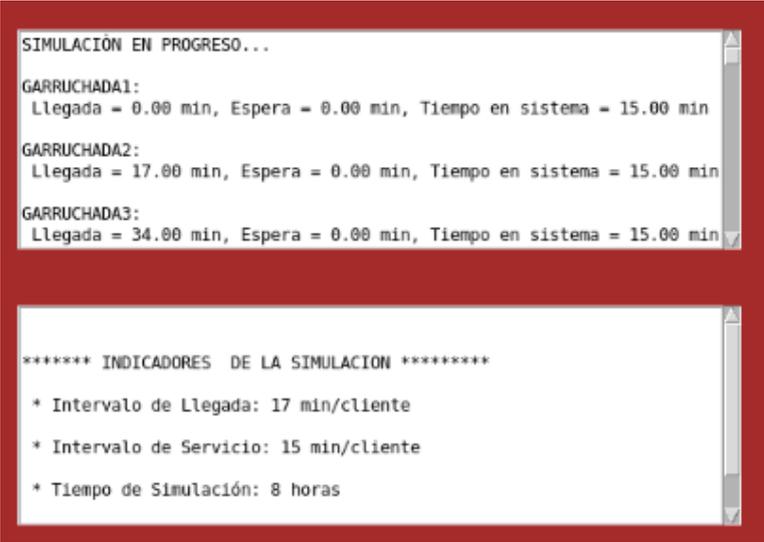
Iniciar Limpiar

Visualización de resultados

Los datos generados en la simulación se visualizarán en dos pantallas de texto, donde se muestra el comportamiento de la cola y en otra se muestra los indicadores de rendimiento.

Figura 19

Visores de texto donde se muestran los resultados generados.



```
SIMULACIÓN EN PROGRESO...
GARRUCHADA1:
Llegada = 0.00 min, Espera = 0.00 min, Tiempo en sistema = 15.00 min
GARRUCHADA2:
Llegada = 17.00 min, Espera = 0.00 min, Tiempo en sistema = 15.00 min
GARRUCHADA3:
Llegada = 34.00 min, Espera = 0.00 min, Tiempo en sistema = 15.00 min

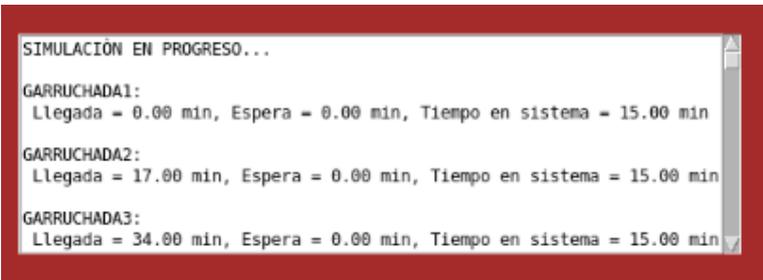
***** INDICADORES DE LA SIMULACION *****
* Intervalo de Llegada: 17 min/cliente
* Intervalo de Servicio: 15 min/cliente
* Tiempo de Simulación: 8 horas
```

Simulación del comportamiento de las colas

En este visor de texto se muestra el comportamiento de las colas con los datos ingresados, es decir tiempos de llegadas, de espera y de servicio del sistema.

Figura 20

Simulación del comportamiento de colas.

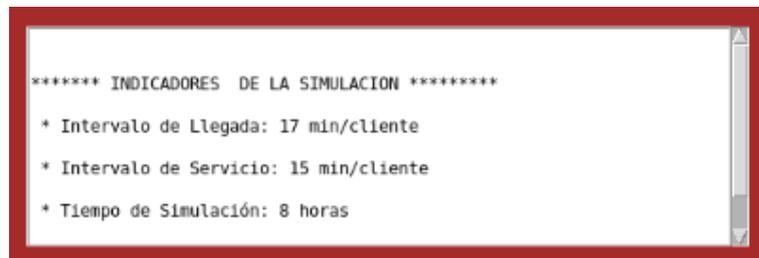


```
SIMULACIÓN EN PROGRESO...
GARRUCHADA1:
Llegada = 0.00 min, Espera = 0.00 min, Tiempo en sistema = 15.00 min
GARRUCHADA2:
Llegada = 17.00 min, Espera = 0.00 min, Tiempo en sistema = 15.00 min
GARRUCHADA3:
Llegada = 34.00 min, Espera = 0.00 min, Tiempo en sistema = 15.00 min
```

Visualización de indicadores de rendimiento de la simulación

En esta segunda pantalla se muestra los indicadores de rendimiento calculados en la simulación.

Figura 21
Indicadores del rendimiento del sistema de colas.

A screenshot of a simulation output window with a red border. The text inside is as follows:

```
***** INDICADORES DE LA SIMULACION *****  
* Intervalo de Llegada: 17 min/cliente  
* Intervalo de Servicio: 15 min/cliente  
* Tiempo de Simulación: 8 horas
```

10. FORMATO DE LAS ENTREVISTAS

10.1.1 Preguntas de la entrevista a la administradora de la bananera

1. ¿En promedio cuantas personas contrata para el día de corte de fruta?
2. Según su experiencia ¿Como usted calcula cuanta fruta tiene disponible para cortar?
3. ¿De qué manera calcula el número de trabajadores que necesita para el día de corte de fruta?
4. puede indicarme que gastos se generan cuando el número de trabajadores contratados es más de lo que necesita.
5. ¿Cuántas veces al año tiene que realizar el presupuesto para su día de corte de fruta?
6. ¿Cuántos racimos de banano por lo general se cortan en un día de embarque?

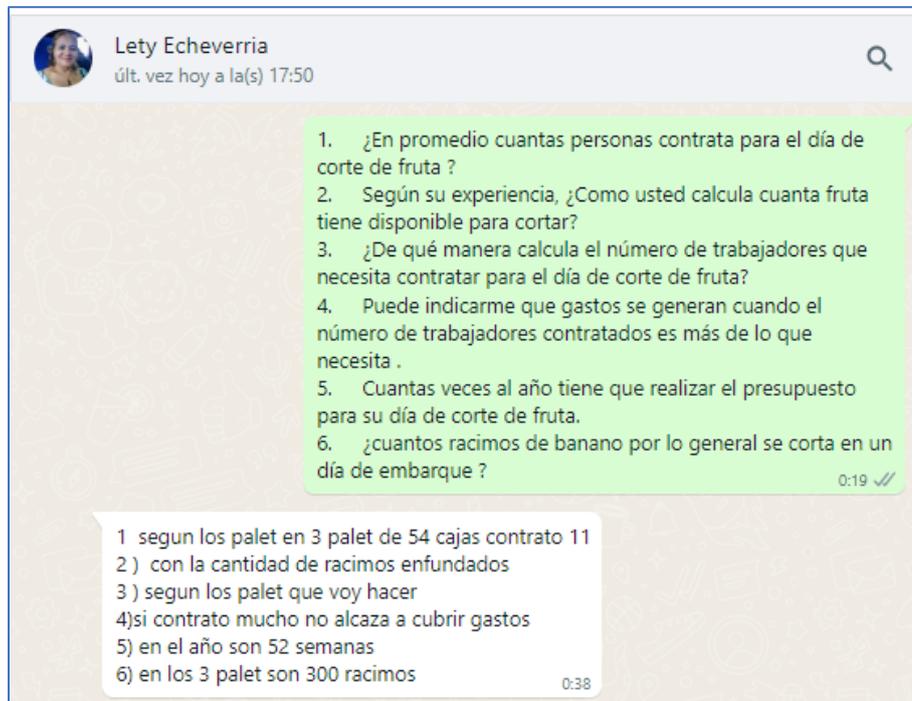
10.1.2 Preguntas de la entrevista al capataz de la bananera.

1. Indique por favor ¿Cuál es la función del capataz en el día de corte de banano?
2. ¿Como usted calcula cuantos trabajadores necesita llevar para el día de embarque?
3. ¿Como usted sabe cuanta fruta tiene disponible para cortar?
4. ¿En cuantas áreas tiene separado a su personal y cuales son estas áreas?
5. ¿Cuáles son las razones más comunes por lo que ocurren retrasos en el corte de la fruta?
6. ¿Qué problemas se presentan cuando el número de trabajadores calculado es incorrecto y van menos de los que se necesita?
7. ¿La duración del día de trabajo depende de la cantidad de trabajadores que estén laborando?
8. ¿Cuántos racimos de banano se cortan en un día de embarque?
9. ¿Según su experiencia, en promedio que tiempo se demora en el proceso de cortar el racimo y llenar las 20 garruchas transportadoras y dejarlas en el área de la empacadora?
10. ¿En promedio que tiempo se demora el personal de la empacadora en procesar esa garruchada de 20 racimos y ubicarlos en las cajas de cartón?
11. ¿Cuántas cajas de banano pueden salir de una garruchada de 20 racimos?

Respuestas de la administradora de la bananera

Figura 22

Respuestas de la entrevista a la administradora.



Respuestas del capataz de la bananera

Figura 23

Respuestas de la entrevista al capataz de la bananera / parte1

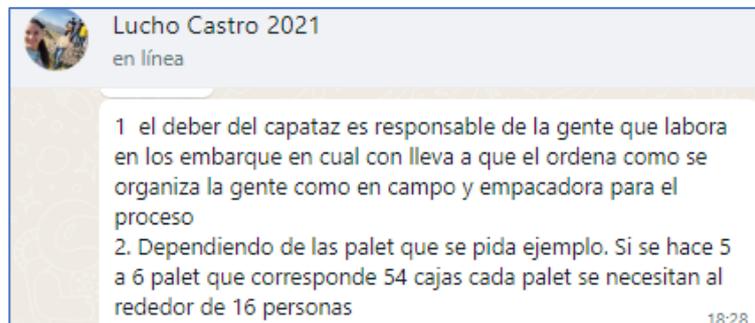
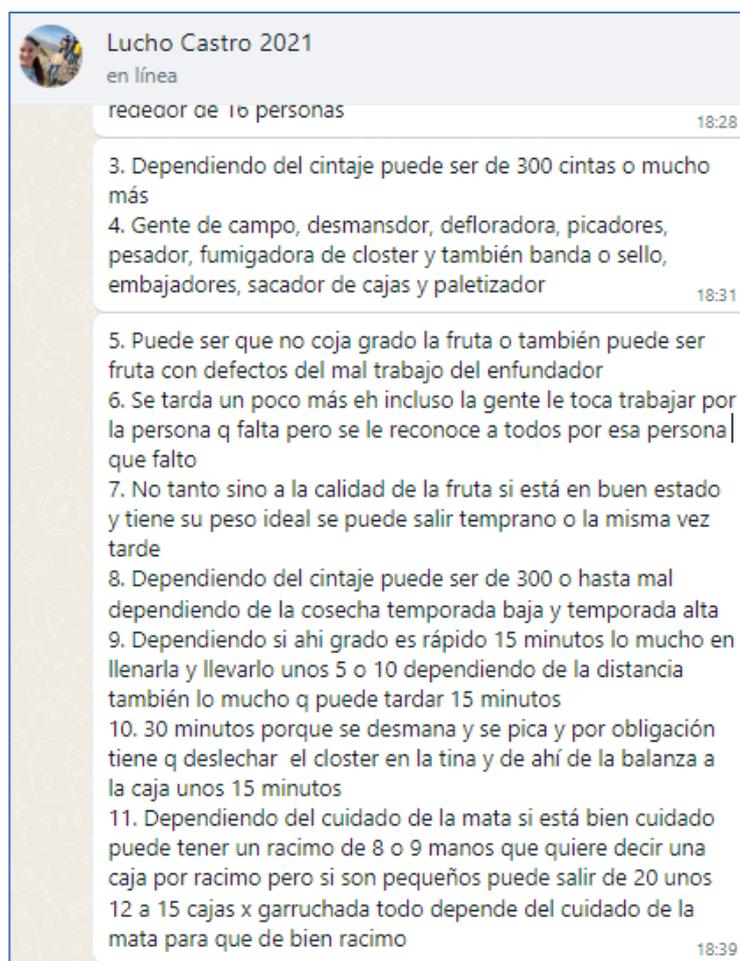


Figura 24

Respuestas de la entrevista al capataz de la bananera / parte2



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Torres Echeverria, Edison Andrés** con C.C: # **0930481833** autor del trabajo de titulación: **Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “Montecel”**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Sistemas Computacionales** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 7 de septiembre del 2023



Nombre: **Torres Echeverria, Edison Andrés**

C.C: **0930481833**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Prototipo de aplicación informática para simular el comportamiento de las variables mediante teoría de colas para maximizar ingresos y/o minimizar costos en proceso de corte de fruta para exportación de la bananera “Montecel”.		
AUTOR(ES)	Torres Echeverría, Edison Andrés		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Sosa Rendon, Ismael Alberto		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería en Sistemas Computacionales		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero en Sistemas Computacionales		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	7 de septiembre del 2023	No. DE PÁGINAS:	60
ÁREAS TEMÁTICAS:	Teoría de colas, Simulación de eventos discretos, Cosecha de banano		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Simulador de colas, cosecha de banano, indicadores, corte de fruta		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Este proyecto curricular se enfoca en crear una solución a partir de un prototipo de software desarrollado en Python 3.11 para la bananera Montecel, la solución se enfoca en mejorar el rendimiento de un proceso llamado “Corte de Fruta”, el cual son actividades que se realizan constante durante todo el año y obligatoriamente 1 vez por semana, debido a que, si no se corta la fruta disponible en la semana, la misma se descompone y daña a las demás cosechas.</p> <p>La solución se enfoca en: Analizar y mejorar el sistema de colas empleado en proceso de “corte de fruta” utilizando la metodología de teoría de colas, que permite evaluar el rendimiento de las estaciones de trabajo, sincronizar los tiempos de arribo y de servicio de la cola para que el proceso fluya sin interrupciones y pueda culminar en el tiempo estipulado.</p> <p>Esta solución propuesta se divide en dos componentes: el prototipo de modelo matemático que se desarrolló de acuerdo con el levantamiento de información realizado con las técnicas identificadas y el segundo componente es el desarrollo de un prototipo de software que tenga implementado el modelo matemático y presente los resultados de las diferentes simulaciones que se realicen.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-995493370	E-mail: Edison.torres@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Toala Quimí, Edison José		
	Teléfono: +593-990-976776		
	E-mail: edison.toala@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			