



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**METODOLOGÍA DE ADAPTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES EN  
TEORÍA DE COLAS APLICADOS A LA INDUSTRIA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Industrial

**AUTORES: JUAN SEBASTIAN ARIAS FLORES  
RENATO ALEXANDER MANTILLA SUÁREZ**

**TUTOR: LUIS FERNANDO TIPÁN VERGARA**

Quito – Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Juan Sebastian Arias Flores con documento de identificación N° 1752838092 y Renato Alexander Mantilla Suárez, y N° 1726511353; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 31 de enero de 2024

Atentamente,



Juan Sebastian Arias Flores

1752838092



Renato Alexander Mantilla Suárez

1726511353

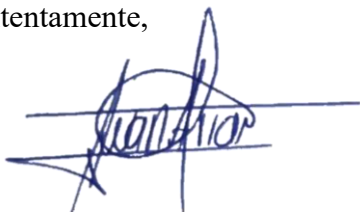
## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Juan Sebastian Arias Flores con documento de identificación N° 1752838092 y Renato Alexander Mantilla Suárez con documento de identificación N° 1726511353, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Metodología de adaptación de distribución de probabilidades en teoría de colas aplicados a la industria”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Industriales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 31 de enero de 2024

Atentamente,



Juan Sebastian Arias Flores

1752838092



Renato Alexander Mantilla Suárez

1726511353

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Fernando Tipán Vergara con documento de identificación N° 1717329005 , docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: METODOLOGÍA DE ADAPTACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES EN TEORÍA DE COLAS APLICADOS A LA INDUSTRIA, realizado por Juan Sebastian Arias Flores con documento de identificación N° 1752838092 y Renato Alexander Mantilla Suárez con documento de identificación N° 1726511353, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 31 de enero de 2024

Atentamente,



Ing. Luis Fernando Tipán Vergara, M.Sc.

C.I 1717329005

Docente Tutor

## *Dedicatoria*

Este proyecto técnico se lo dedico a mi familia, sobre todo a mis padres y abuelos quienes fueron un pilar muy importante en el desarrollo académico a lo largo de mi vida, también a las personas que conocí en el transcurso de la carrera.

También a los amigos que conocí a lo largo de mi periodo académico los cuales llenaron los días de penumbra de buenas energías, alegrías y risas, sobre todo pudimos concluir este periodo en nuestras vidas.

*Juan Sebastian Arias Flores*

Dedico este proyecto técnico a toda mi familia, cuyo apoyo incondicional ha sido fundamental a lo largo de este proceso. En especial, agradezco a mis padres y a mi tía, quienes han sido pilares esenciales en mi trayectoria académica. Igualmente, mi gratitud se extiende a mi hermana y a mi sobrina, cuyas sonrisas han sido mi refugio y aliento en los momentos más difíciles. No puedo dejar de mencionar a mis compañeros, cuya presencia ha sido tanto en los momentos de alegría como en los de adversidad.

Por último, dedico este logro a mis abuelas y abuelos, que, aunque ya no están físicamente, sé que desde el cielo me guían y me brindan la fortaleza para continuar persiguiendo mis sueños.

*Renato Alexander Mantilla Suárez*

### *Agradecimiento*

Quiero dar las gracias primero a Dios ya que sin él no pudiera lograr nada de lo que he conseguido hasta el presente, también agradezco a mis padres y mi familia, los cuales han atravesado conmigo este áspero camino, lleno de obstáculos, de altos y bajos, también por creer en mi con paciencia y comprensión.

A mis amigos quienes con su presencia alegre y constante han sido un consuelo en momentos en los cuales la vida se tornaba oscura.

Finalmente quiero agradecer a mi docente tutor Luis Tipán el cual con su guía y sabiduría hemos podido concluir un paso más en nuestras vidas.

**“Si, aunque creas que yo estoy mal, seguiré pensando en que todos mis sueños se van a cumplir, aunque, me tiren la mala fe yo no me quito porque yo presiento que esto va a subir y nos tocará reír al último.”**

**- Norick – Rapper School**

*Juan Sebastian Arias Flores*

Deseo expresar mi sincero agradecimiento a mi familia, especialmente a mis padres y a mi tía, quienes han sido mi refugio al brindarme un apoyo incondicional y la fuerza necesaria para culminar el proyecto de titulación. Agradezco también a mis primos y amigos, cuyo constante respaldo y aliento han sido fundamentales para mantenerme firme y poder concluir el proyecto de titulación.

Por último, extendiendo mi gratitud al ingeniero Luis Tipán, mi docente tutor, quien ha sido una guía invaluable a lo largo de todo este proceso. Su orientación y compromiso han sido determinantes para la culminación exitosa del proyecto de titulación

**"Si vas a mirar atrás, que sea para ver lo que has trabajado para llegar donde estás"**

**- Mireia Belmonte**

*Renato Alexander Mantilla Suárez*

## Índice de contenido

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>V</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>VI</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>XIV</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>XV</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>
<b>Problema de estudio</b> .....	<b>1</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>1</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>2</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>3</b>
<b>Marco teórico</b> .....	<b>3</b>
<b>1.1. Teoría de colas</b> .....	<b>3</b>
<i>1.1.2. Definición de teoría de colas</i> .....	<i>4</i>
<i>1.1.2.1. Fuente de entrada</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.2.2. Cola</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.2.3. Mecanismo de servicio</i> .....	<i>5</i>
<i>1.1.3. Objetivos de las Teorías de colas</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.4. Clasificación de sistemas de colas</i> .....	<i>6</i>
<i>1.1.5. Área de aplicación de la Teoría de Colas</i> .....	<i>7</i>
<i>1.1.6. Elementos importantes de una línea de espera</i> .....	<i>7</i>
<i>1.1.6.1. Arribos</i> .....	<i>8</i>
<i>1.1.6.1.1. Características principales</i> .....	<i>8</i>
<i>1.1.6.1.2. Comportamiento de los arribos</i> .....	<i>9</i>

1.1.6.2.	<i>Disciplina de la cola</i> .....	9
1.1.6.3.	<i>Servicio</i> .....	9
1.1.6.3.1.	<i>El patrón de tiempo de servicios</i> .....	9
<b>1.2.</b>	<b>Distribución de probabilidad</b> .....	<b>10</b>
1.2.1.	<i>Distribución normal</i> .....	12
1.2.2.	<i>Distribución exponencial</i> .....	13
1.2.3.	<i>Distribución de Poisson</i> .....	14
<b>1.3.</b>	<b>Simulación</b> .....	<b>16</b>
1.3.1.	<i>Definición de simulación</i> .....	16
1.3.2.	<i>Simulación necesaria e innecesaria</i> .....	19
1.3.3.	<i>Proceso de modelado y simulación</i> .....	19
<b>1.4.</b>	<b>Tipos de plantas industriales</b> .....	<b>20</b>
1.4.1.	<i>Plantas continuas</i> .....	20
1.4.2.	<i>Plantas discontinuas</i> .....	20
<b>1.5.</b>	<b>Proceso</b> .....	<b>20</b>
1.5.1.	<i>Importancia de los procesos</i> .....	21
<b>1.6.</b>	<b>Tipos de procesos</b> .....	<b>21</b>
1.6.1.	<i>Job Shops</i> .....	21
1.6.2.	<i>Producción por lotes</i> .....	21
1.6.3.	<i>Líneas de producción</i> .....	22
1.6.4.	<i>Producción continua</i> .....	23
<b>1.7.</b>	<b>Proceso de etiquetado</b> .....	<b>24</b>
1.7.1.	<i>Entrada del envase a etiquetar</i> .....	24
1.7.2.	<i>Etiquetado</i> .....	24



1.7.3.	<i>Salida de envases etiquetados</i> .....	24
1.7.4.	<i>Defectos en el etiquetado</i> .....	25
<b>1.8.</b>	<b>Etiquetadora automática</b> .....	<b>26</b>
1.8.1.	<i>Características importantes de la máquina</i> .....	26
1.9.	<i>Proceso de troquelado en la industria</i> .....	27
1.9.1.	<i>Proceso de corte</i> .....	27
1.9.1.1.	<i>Deformación elástica</i> .....	28
1.9.1.2.	<i>Deformación plástica</i> .....	28
1.9.1.3.	<i>Rotura</i> .....	28
<b>1.10.</b>	<b>Elementos de un troquel</b> .....	<b>29</b>
<b>1.11.</b>	<b>Proceso de pulido</b> .....	<b>31</b>
1.11.1.	<i>Pulido mecánico</i> .....	33
<b>Capítulo II</b> .....		<b>37</b>
<b>Aplicación de la metodología</b> .....		<b>37</b>
<b>2.1.</b>	<b>Procedimiento metodológico</b> .....	<b>38</b>
<b>2.3.</b>	<b>Análisis del proceso de troquelado y pulido</b> .....	<b>41</b>
2.3.1.	<i>Recopilación de datos</i> .....	41
2.3.2.	<i>Distribución normal</i> .....	42
2.3.3.	<i>Distribución exponencial</i> .....	43
2.3.4.	<i>Distribución de Poisson</i> .....	44
<b>2.4.</b>	<b>Análisis del proceso de etiquetado de botellas</b> .....	<b>44</b>
2.4.1.	<i>Recopilación de datos</i> .....	44
2.4.1.1.	<i>Inter arribos</i> .....	44
2.4.2.	<i>Análisis de datos</i> .....	45

2.4.2.1. <i>Histograma y Estadística descriptiva</i> .....	45
2.4.3. <i>Pruebas de bondad y ajuste</i> .....	50
2.4.4. <i>Arquitectura de la cola</i> .....	51
<b>Capítulo III</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1. Resumen de resultados del proceso de troquelado y pulido</b> .....	<b>53</b>
<b>3.2. Resumen de resultados del proceso de etiquetado de botellas</b> .....	<b>54</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>56</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>57</b>
<b>Referencias bibliográficas</b> .....	<b>58</b>
<b>Anexo 1</b> .....	<b>62</b>

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características de las distribuciones .....	11
<b>Tabla 2.</b> Algoritmo teoría de colas.....	38
<b>Tabla 3.</b> Datos aleatorios con un rango de 25 a 35 .....	45
<b>Tabla 4.</b> Datos promedio de tiempo de espera y servicio. ....	53
<b>Tabla 5.</b> Resultados de la bondad de ajuste. ....	54
<b>Tabla 6.</b> Datos promedio de tiempo de espera entre lote-lote y promedio de tiempo de servicio. ....	54

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Estructura de un sistema de colas. ....	5
<b>Figura 2.</b> Objetivos de las Teorías de Cola [20].....	6
<b>Figura 3.</b> Clasificación de sistemas de cola [25].....	7
<b>Figura 4.</b> Características principales de los arribos [26].....	8
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de los arribos [26]. ....	9
<b>Figura 6.</b> Representación de una distribución normal.....	12
<b>Figura 7.</b> Características de la distribución normal [5].....	13
<b>Figura 8.</b> Representación de la distribución exponencial [21].....	14
<b>Figura 9.</b> Condiciones para que sigan una distribución de Poisson, [21]. ....	15
<b>Figura 10.</b> Representación de la distribución de Poisson [21].....	16
<b>Figura 11.</b> Especificaciones generales para realizar una simulación [31].....	17
<b>Figura 12.</b> Ventajas de la simulación.....	18
<b>Figura 13.</b> Ventajas de la simulación industrial [32].....	19
<b>Figura 14.</b> Proceso Job Shops. ....	21
<b>Figura 15.</b> Producción por lotes. ....	22
<b>Figura 16.</b> Línea de producción. ....	23
<b>Figura 17.</b> Producción continua. ....	23
<b>Figura 18.</b> Proceso de etiquetado [12].....	25
<b>Figura 19.</b> Defectos en el etiquetado [13] . ....	25
<b>Figura 20.</b> Máquina etiquetadora SIDEL MATRIX SL70 [14]. ....	26
<b>Figura 21.</b> Características de la máquina [14].....	27
<b>Figura 22.</b> Desarrollo del proceso de corte [15].....	28
<b>Figura 23.</b> Etapas del proceso de corte por punzonado [15].....	29
<b>Figura 24.</b> Matriz tipo de punzonar [15].....	30
<b>Figura 25.</b> Procedimiento de troquelado. ....	31
<b>Figura 26.</b> Amoladora utilizada para el proceso de pulido [28].....	32
<b>Figura 27.</b> Características de una amoladora [28].....	32
<b>Figura 28.</b> Fases por tomar en cuenta en el proceso de pulido [29].....	33
<b>Figura 29.</b> Amoladora [29].....	34

<b>Figura 30.</b> Procedimiento de pulido. ....	34
<b>Figura 31.</b> Tipos de prueba de bondad de ajuste. ....	35
<b>Figura 32.</b> Guía general para el análisis de los procesos.....	39
<b>Figura 33.</b> Gráfica tiempos de elementos servidos en la cola distribución normal.....	42
<b>Figura 34.</b> Gráfica tiempos de elementos servidos en la cola distribución exponencial.....	43
<b>Figura 35.</b> Gráfica tiempos de elementos servidos en la cola distribución de Poisson.....	44
<b>Figura 36.</b> Opción de estadísticas.....	46
<b>Figura 37.</b> Opción de estadísticas básicas. ....	47
<b>Figura 38.</b> Ingreso a la opción resumen gráfico. ....	48
<b>Figura 39.</b> Ventanas de resumen gráfico. ....	49
<b>Figura 40.</b> Gráfica de probabilidad. ....	50
<b>Figura 41.</b> Gráfica de probabilidad. ....	51
<b>Figura 42.</b> Modelo de cola en Simulink. ....	51
<b>Figura 43.</b> Gráfica de la utilización del servicio. ....	55

## Resumen

El objetivo principal de este proyecto de titulación es realizar una metodología de adaptación de probabilidades en teoría de colas aplicados a la industria para la identificación de colas y reducción de tiempos.

Se realizó la recopilación e investigación de datos acerca de maquinaria, encuestas a operadores en campo, así como el análisis de entrada de datos.

Una vez recopilados los datos, se realizó un análisis exhaustivo generando datos aleatorios en los softwares en base a una media significativa de cada proceso, previamente se creó un algoritmo matemático en el cual se ingresaron datos importantes y relevantes para la ejecución de este.

Para conseguirlo se tomó en cuenta tres tipos de distribución “normal, exponencial, Poisson”, además se utilizaron softwares como Matlab y Minitab, en los cuales se realizó las distintas simulaciones las cuales arrojaron los datos y gráficas estadísticas.

Los resultados obtenidos nos reflejan el tipo de distribución que más se adaptó a cada proceso, argumentando que se generan la menor cantidad de elementos a la espera de recibir un servicio.

***Palabras Claves:*** Teoría de colas, media, distribuciones, cola.

## **Abstract**

The main objective of this degree project is to develop a methodology for the adaptation of probabilities in queueing theory applied to industry for queue identification and time reduction.

Data collection and research on machinery, surveys of operators in the field, as well as data entry analysis were performed.

Once the data was collected, an exhaustive analysis was carried out by generating random data in the software based on a significant average of each process, previously a mathematical algorithm was created in which important and relevant data was entered for the execution of this.

To achieve this, three types of distribution "normal, exponential, Poisson" were considered, and software such as Matlab and Minitab were used to carry out the different simulations which yielded the data and statistical graphs.

The results obtained reflect the type of distribution that best suits each process, arguing that it generates the least number of elements waiting to receive a service.

**Keywords:** Queueing theory, mean, distributions, tails.

## **Introducción**

### **Problema de estudio**

Una de las problemáticas más notables en la industria son las colas o filas de espera, lo que a su vez se debe a una falta de distribución adecuada y en consecuencia se genera una mala modelización de los sistemas de cola, por ende, la toma de decisiones se torna deficiente en los procesos industriales.

Con la finalidad de comprender mejor la problemática, se plantea analizar tres tipos de distribución (distribución normal, distribución exponencial, distribución de Poisson) y las consecuencias y/o desafíos que pueden surgir al no ser aplicadas con precisión, las mismas se aplicarán a dos procesos, los cuales constan en: “ETIQUETADO DE BOTELLAS” y “PROCESO DE TROQUELADO Y PULIDO”.

### **Justificación**

La aplicación de métodos de adaptación de la distribución de probabilidad aplicada a la teoría de colas es muy importante en la industria porque permite modelar y examinar el comportamiento de los sistemas de colas (como líneas de producción o servicios al cliente) en entornos altamente variables. La distribución de probabilidad correcta para estos sistemas es crítica debido a las fluctuaciones en la demanda, los tiempos de servicio y otros factores. Al ajustar dinámicamente las distribuciones de probabilidad utilizadas en el modelo, puede capturar con mayor precisión los cambios reales del sistema y ajustar las predicciones de rendimiento. Esto permite la toma de decisiones informadas sobre la cantidad de recursos, la planificación de trabajadores máquinas y los procesos de inventario, aumentando así la eficiencia y disminuyendo los costos operativos.



## **Objetivo general**

Realizar la metodología de adaptación de distribución de probabilidades en teoría de colas aplicados a la industria.

## **Objetivos específicos**

- Diseñar una metodología para poder identificar qué tipo de distribución se podrá adaptar al sistema de colas en los procesos.
- Plantear por medio de un software o programa que tipo de distribución refleja menor cantidad de elementos se encuentran en la cola o a la espera de un servicio
- Desarrollar una propuesta que ayude a menorar el tiempo de espera en la cola en un proceso.

# Capítulo I

## Marco teórico

### 1.1. Teoría de colas

La teoría de colas tiene como fin estudiar el fenómeno en el que las personas deben realizar una o más filas para que puedan ser atendidas de una manera más ordenada. Los modelos matemáticos nos permiten analizar cómo funcionan los sistemas de colas y filas respectivamente [1].

En la actualidad, se le puede denominar obligación realizar una cola o fila en la vida diaria, y con eso, tiene significativos impactos tanto en el sector productivo como de prestación de servicios [1].

La teoría de colas también llamado líneas de espera estudia diferentes factores a su vez, como el tiempo de espera medio o la capacidad de elaboración del sistema sin que terminen en un colapso. Si nos entramos en el mundo de las estadísticas matemáticas, la teoría de las colas abarca en la investigación de operaciones y es un importante elemento a la teoría de sistemas y de control. En conclusión, es una teoría que desglosa una amplia variedad de situaciones como emprendimientos, comercio, industria, ingenierías, medios de transporte y logística [19].

Centrándonos concretamente en la ingeniería, esta teoría nos permite modelar sistemas en los que diferentes agentes que requieren cierto servicio o prestación constituyen un mismo servidor, por lo tanto, conllevan a suscitarse esperas desde que un agente llega al sistema y le atienden sus necesidades. En ese ámbito, esta teoría puede ser muy útil ya sea en la llegada de datos a una cola y en la implementación de una cadena productiva en la ingeniería industrial [19].

En los países industrializados, la adopción de dispositivos digitales y sistemas de computación avanzados ha permitido que varias organizaciones, incluyendo aquellas en el ámbito financiero, la venta de alimentos y ropa, entre otros, sustituyan las filas físicas por servicios electrónicos. Sin embargo, en los países emergentes, muchos ámbitos aún se caracterizan por un bajo nivel de avance tecnológico, especialmente en el sector público, donde las colas físicas siguen siendo la norma. Esto se agrava con el crecimiento demográfico, resultando en colas cada vez más largas [22].

En Ecuador, los servicios de atención al cliente han evolucionado de manera simultánea con el progreso tecnológico, la implementación de la industria 4.0. Durante este período, la virtualización de tareas y la creciente demanda de entregas a domicilio han experimentado un notable aumento. Al mismo tiempo, las compras en línea, tanto a nivel local como internacional a través de diversas plataformas, se han vuelto cada vez más habituales. En este contexto, los proveedores han tenido que incorporar en sus presupuestos entornos tecnológicos para poder satisfacer las cambiantes necesidades del mercado [23].

Enfrentar extensos períodos de espera para acceder a diversos servicios se considera uno de los principales desafíos para los gerentes, directores y aquellos encargados de tomar decisiones. La intención es mejorar la percepción de los usuarios y, de esta manera, abordar las quejas, permitiendo a las empresas realizar mejoras constantes en el servicio ofrecido a sus clientes [23].

### ***1.1.1. Origen y representante***

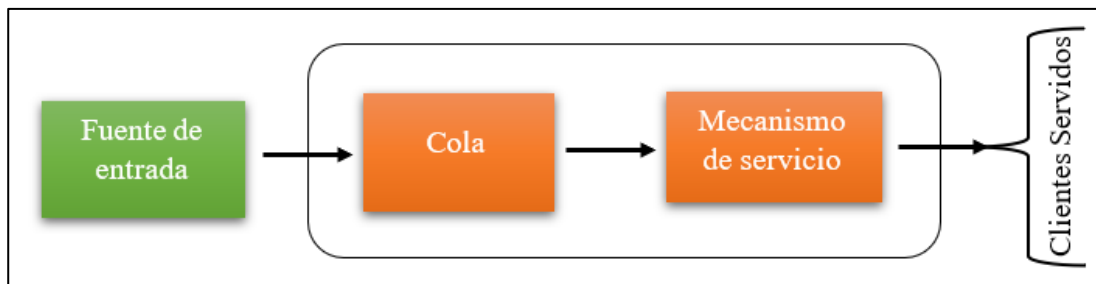
La Teoría de Colas se originó a partir de las investigaciones de "Agner Krarup Erlang" en 1909, quien estudió el tráfico telefónico con el fin de gestionar la demanda incierta de servicios en el sistema telefónico de "Copenhague". Sus investigaciones culminaron en el desarrollo de una nueva teoría conocida como la teoría de colas o teoría de líneas de espera. Esta teoría se ha convertido en una herramienta valiosa para las organizaciones, ya que permite abordar una amplia gama de problemas, especialmente aquellos relacionados con la congestión de entradas y salidas [24].

Las contribuciones de Erlang a la teoría de colas no se limitaron a sus aplicaciones iniciales en la telefonía, sino que sentaron las bases para futuras exploraciones en este campo.

### ***1.1.2. Definición de teoría de colas***

Dicho anteriormente, la teoría de las colas fue creada con un fin en específico, el cual es, dar una atención más ordenada y personalizada a las personas. Según estudios realizados, las fórmulas de cada modelo reflejan de mejor manera el desempeño del sistema correspondiente y a su vez nos indican el valor promedio de espera que pasara en distintas situaciones [2].

En la **Figura 1** se observa la manera en la que un proceso o producto entra a una cola, adquiriendo así un tiempo de espera para acceder a un servicio y finalmente salir de la cola.



**Figura 1.** Estructura de un sistema de colas.

### ***1.1.2.1.Fuente de entrada***

Podemos definir a la fuente de entrada como el proceso de generación de clientes. Encontramos que la principal característica que indica una fuente de entrada es el tamaño, es decir, el número total de clientes que solicitan el servicio. Podemos distinguir entre escala limitada (es decir, un número limitado de personas pueden entrar al sistema) o escala infinita (es decir, llega un número suficiente de clientes) [3].

### ***1.1.2.2.Cola***

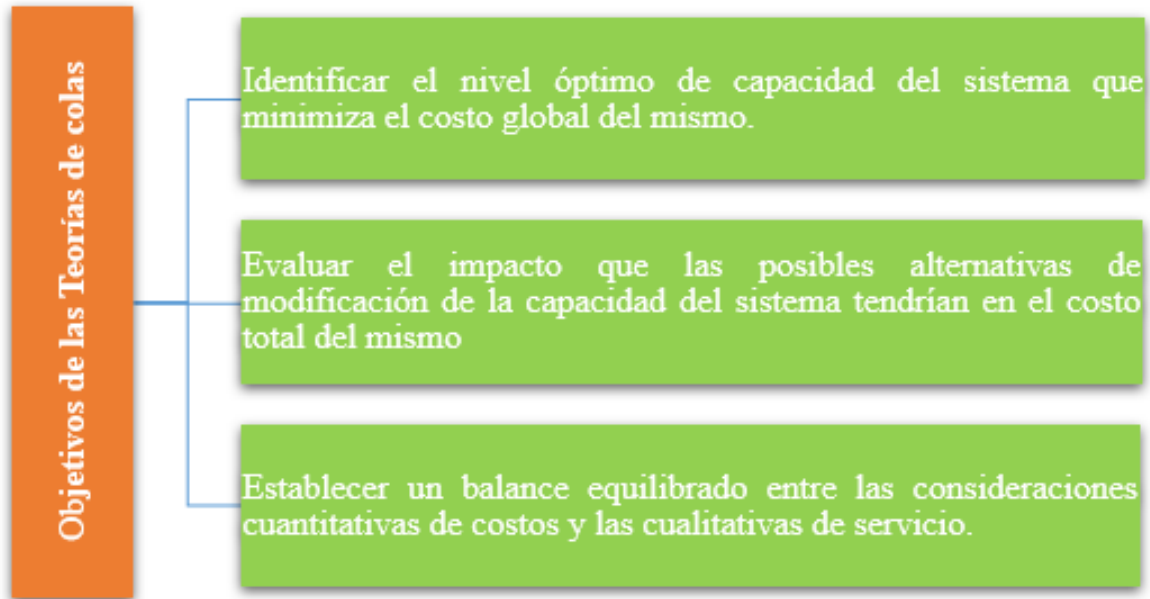
El sistema de la teoría de colas toma fuerza cuando el sistema requerido es de alta demanda y sobrepasa la capacidad de atención rápida. La principal característica es la capacidad de la cola, se deberá separar ya sea en colas finitas o infinitas. Cuando el valor de los clientes es limitado lo denominamos cola finita, por otro lado, si existe un valor de clientes que sobrepasa el límite, a eso lo llamamos cola infinita [3].

### ***1.1.2.3.Mecanismo de servicio***

Esta característica la podemos denominar como esencial ya que es importante resaltar la cantidad de trabajadores que brindarán el servicio solicitado y la cantidad de estaciones de apoyo o servicio donde el cliente espera hasta que cada laborador dé paso. Es esencial tomar en cuenta el tiempo de aplicación de la variable, que es el tiempo que se toma desde que se atiende a un cliente hasta que finaliza y se le da solución al servicio requerido [3].

### 1.1.3. *Objetivos de las Teorías de colas*

Los objetivos de la “Teoría de Colas” se muestran en la siguiente **Figura 2**.



**Figura 2.** Objetivos de las Teorías de Cola [20].

### 1.1.4. *Clasificación de sistemas de colas*

En 1953, “Kendall y Lee” presentaron el sistema de clasificación más reconocido con la finalidad de estandarizar características y facilitar su análisis. Esta iniciativa permitió la posibilidad de establecer fórmulas comunes para distribuciones exponenciales. En la **Figura 3** se visualiza la clasificación de sistemas de colas [25].



**Figura 3.** Clasificación de sistemas de cola [25].

### ***1.1.5. Área de aplicación de la Teoría de Colas***

La teoría de colas abarca diversas áreas de aplicación, que incluyen, entre otras, la logística de procesos industriales de producción, ingeniería de redes y servicios, ingeniería de sistemas informáticos, desarrollo de proyectos sostenibles, gestión de despachos de productos, entre otros [26].

### ***1.1.6. Elementos importantes de una línea de espera***

Para evaluar una línea de espera, es crucial identificar todos sus componentes, siendo los más significativos el proceso de llegada, la disciplina de la cola, el mecanismo de servicio y el modelo de los tiempos de servicio [26].

### ***1.1.6.1.Arribos***

Los arribos al sistema se refieren a la entrada de clientes al sistema, considerando el orden y la cantidad de llegadas. Determinar esta variable requiere llevar a cabo un análisis de campo para observar cada llegada al sistema [26].

#### ***1.1.6.1.1. Características principales***

Para identificar los arribos, es esencial examinar la fuente de ingreso que produce las llegadas o clientes al servicio [26].

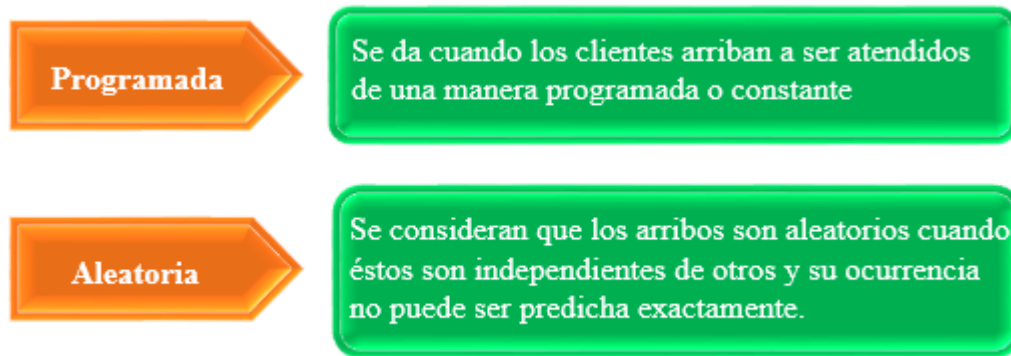
Dicha fuente posee tres características principales que se pueden visualizar en la **Figura 4**.



**Figura 4.** Características principales de los arribos [26].

### ***1.1.6.1.2. Comportamiento de los arribos***

El comportamiento de los arribos de los clientes al sistema puede visualizarse en la **Figura 5** de la siguiente manera:



**Figura 5.** Comportamiento de los arribos [26].

### ***1.1.6.2. Disciplina de la cola***

Hace referencia al orden en el que los clientes son atendidos. La regla más comúnmente empleada en la mayoría de los sistemas es la "FIFO (First In First Out)", que en español se traduce como "El primero en entrar es el primero en salir" [26].

### ***1.1.6.3. Servicio***

La atención que se proporciona al atender a los clientes en un sistema determina el periodo durante el cual un cliente recibe servicio y la forma en que se elige para ser atendido [26].

#### ***1.1.6.3.1. El patrón de tiempo de servicios***

Las pautas de servicio se asemejan al comportamiento de los arribos y pueden manifestarse como constantes o aleatorios. Cuando el tiempo de servicio es constante, se requiere la misma cantidad de tiempo para atender a cada cliente. Esto es típico en servicios proporcionados mediante máquinas, como una lavadora automática de autos [26].



## 1.2.Distribución de probabilidad

Las distribuciones o reparticiones de probabilidad son requeridas para calcular el tiempo entre cualquier evento realizado, por ende, nos indica la guía de identificación de las variables aleatorias y sus cinco probabilidades especiales, entre las cuales tenemos: “distribución binomial, distribución uniforme, distribución normal, distribución de Poisson y distribución exponencial”, las encontramos de gran interés debido a su gran impacto en la vida diaria [4].

En la **Tabla 1** podemos observar las fórmulas de los tres tipos de distribuciones mencionadas y el significado de sus variables.

**Tabla 1.** Características de las distribuciones

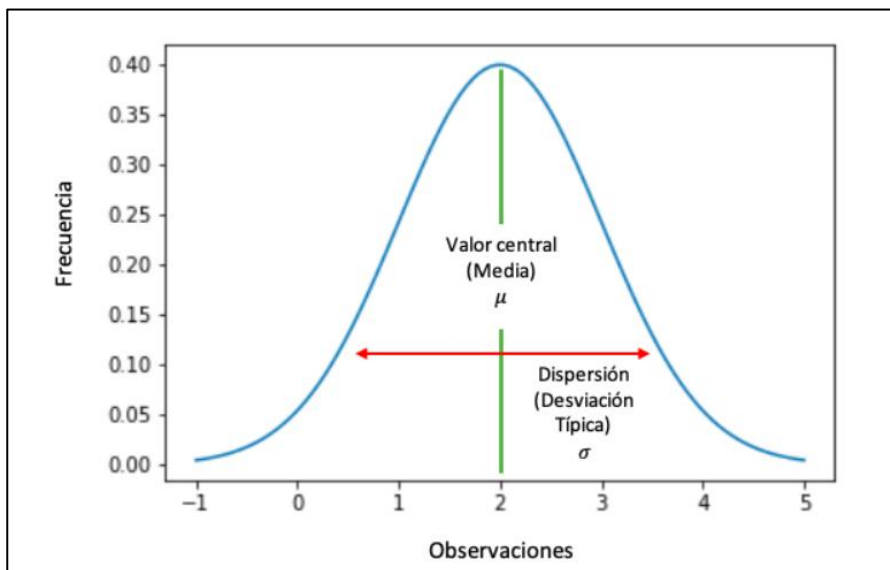
Distribución	Fórmula	Definición
Distribución normal	$Y = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}(X-\mu)^2/\sigma^2}$	<p><math>\mu</math>= la media.  <math>\sigma^2</math>= la varianza.  <math>\Sigma</math>= la desviación típica.  <math>\pi</math>= constante (3.14159).  <math>e</math> (exponencial) = 2.71828.</p>
Distribución exponencial	$P(X \leq x) = 1 - e^{-\mu t}$	<p><math>t</math>= lapso de tiempo.  <math>e</math>= es la base del logaritmo natural (2.71828).  <math>\mu</math>= tasa promedio de ocurrencia</p>
Distribución de poisson	$P(x) = f(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{X!}$	<p><math>P(x)</math>= probabilidad de tener exactamente <math>x</math> presentación.  <math>e^{-\lambda}</math>= Exponencial= 2.71828 (base de los logaritmos naturales), elevada a la lambda potencia negativa.  <math>\lambda^x = \lambda</math> (el número medio de presentaciones por intervalo de tiempo) elevada a la <math>x</math> potencia.  <math>X!</math> = <math>x</math> factorial.  <math>\lambda</math> = parámetro de distribución o la media donde <math>\lambda = p(x)</math>, es el numero promedio de ocurrencias del evento aleatorio por intervalo de tiempo.  <math>X</math>= número de eventos raros por unidad de tiempo de distancia de espacio.</p>

### 1.2.1. Distribución normal

Sin duda alguna la distribución normal es la más importante en el cálculo de probabilidades y de la estadística. Recorremos al año de su descubrimiento (1773) por de “Moivre”. Se consolida como la más importante al ser la distribución límite de una infinidad de variables aleatorias, así como también, discretas y continuas, como lo podemos demostrar a través de los teoremas centrales del límite [21].

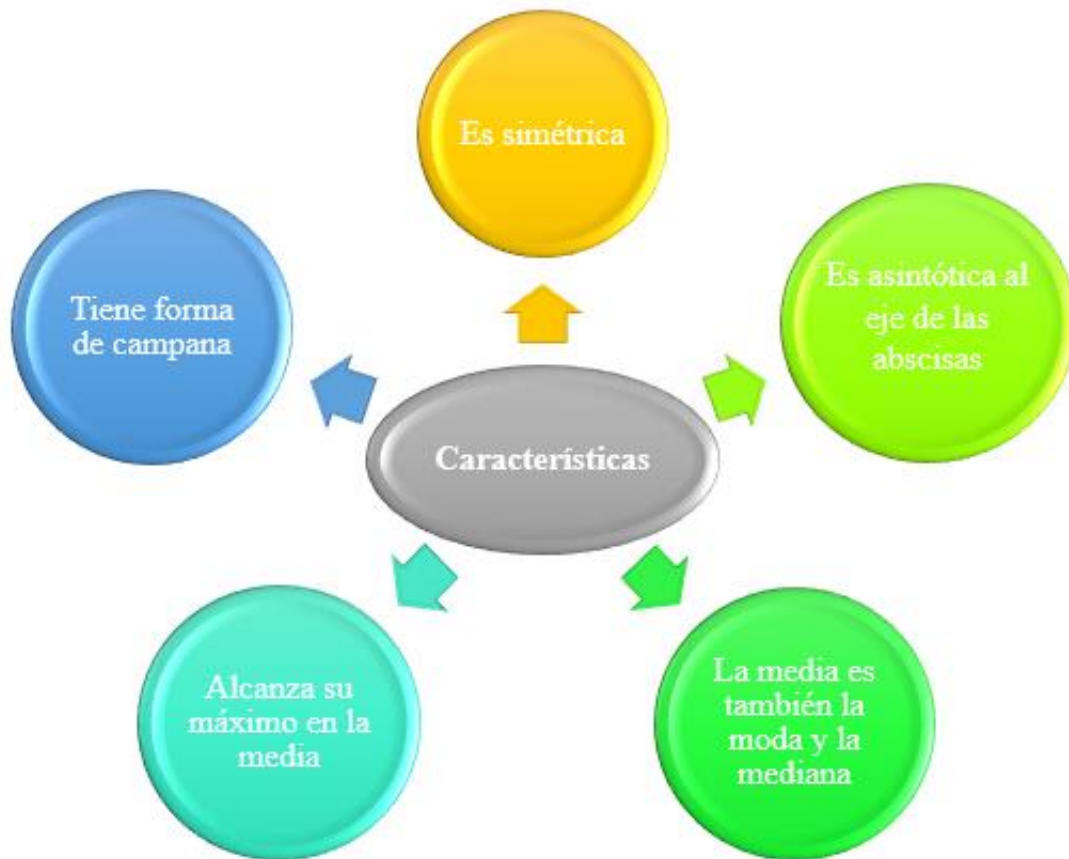
La “distribución normal” se divide en cuatro términos, los cuales son: simétrica, con media, moda y mediana, y está identificada por dos variables que son: mu ( $\mu$ ) y sigma ( $\sigma$ ) . En cambio, la distribución normal estándar se compone por una distribución con media 0 y desviación estándar 1. El área bajo la curva se puede calcular como la distancia desde la media; la media  $\pm 1,96$  que contiene el 95% entre ellas y deja un 5%, un 2,5% a cada lado de la curva. El teorema del límite central nos deja calcular el error estándar y el intervalo de confianza de la media [5].

En la **Figura 6** podemos observar las variables que forman una distribución normal, así como las partes de la campana.



**Figura 6.** Representación de una distribución normal.

En la **Figura 7** se podemos observar las diferentes características de la distribución normal.



**Figura 7.** Características de la distribución normal [5].

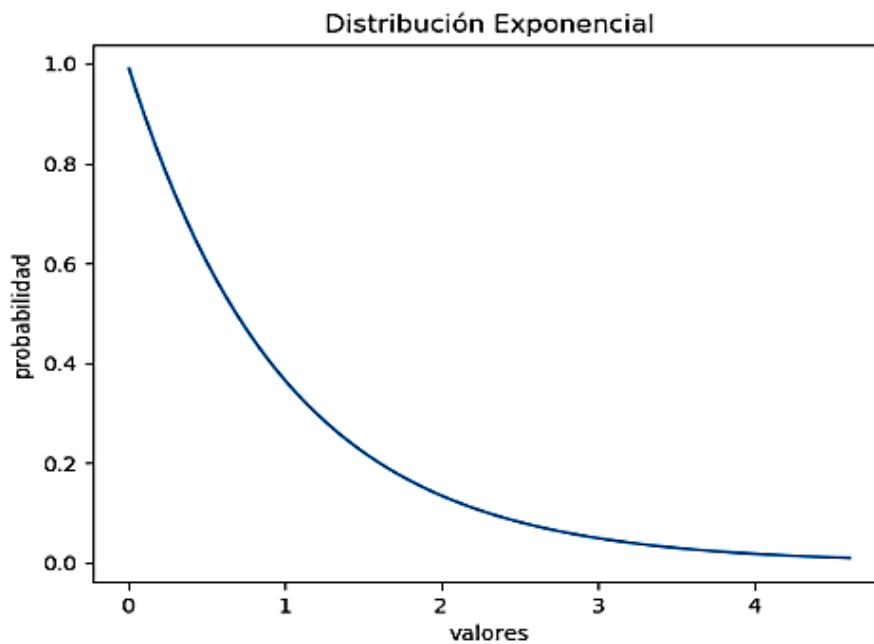
### ***1.2.2. Distribución exponencial***

Este tipo de distribución trata sobre la cantidad de tiempo que transcurre hasta que ocurre algún evento o acción específica. La “distribución exponencial” es utilizada habitualmente para realizar cálculos de fiabilidad de productos, es decir, el tiempo de duración de un producto o el tiempo que transcurre hasta que ocurra algún tipo de acción en un proceso [6].

Dicha variable aleatoria la cual es empleada en la distribución exponencial es continua, esta suele medir el transcurso del tiempo en algún evento que ocurra en una  $x$  cantidad de tiempo [6].

Una característica esencial de esta distribución es la propiedad llamada como "falta de memoria". Significa que el tiempo que recorre desde cualquier momento dado " $t_0$ " hasta que inicia el evento, no depende de lo que haya pasado antes del instante " $t_0$ " [21].

A continuación, se visualizará en la **Figura 8** la representación de la distribución exponencial.



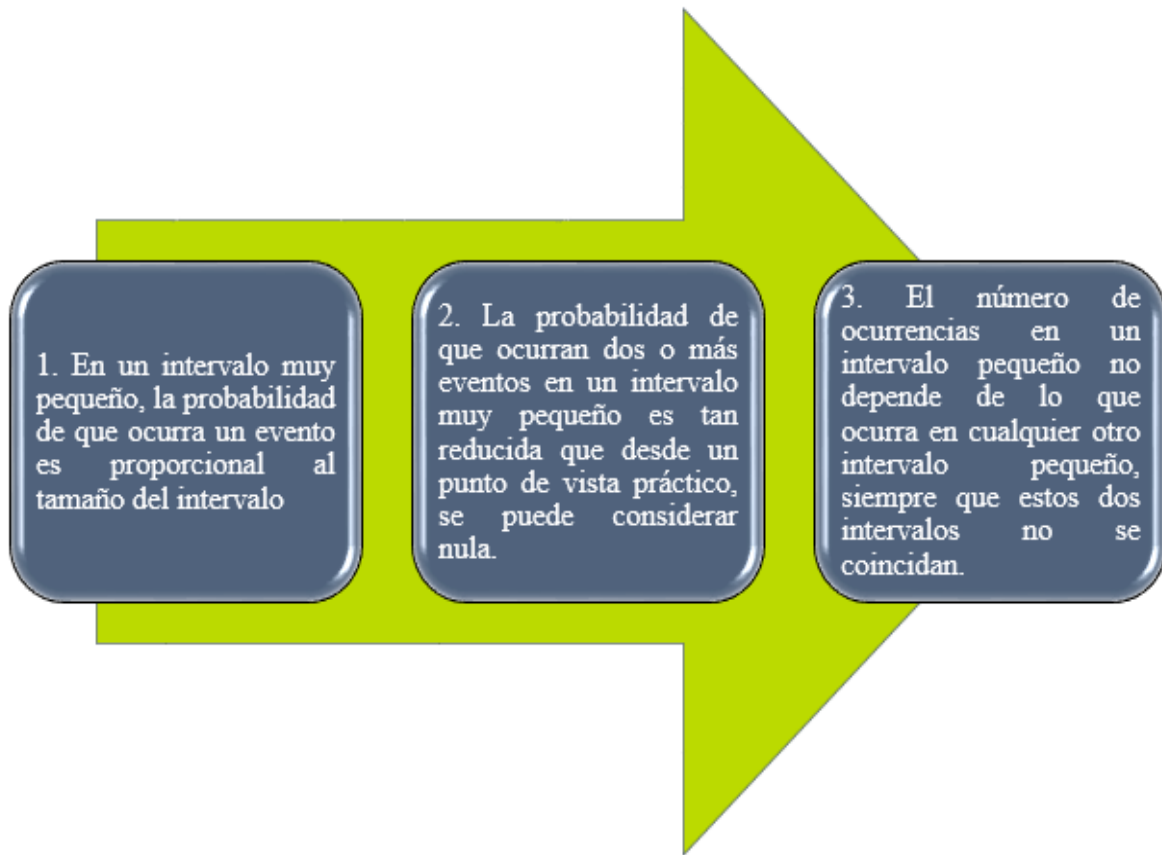
**Figura 8.** Representación de la distribución exponencial [21].

### ***1.2.3. Distribución de Poisson***

La distribución de “Poisson o binomial” fue desarrollada por “Simeón-Denis Poisson” (1781-1840). Este tipo de distribución de probabilidad es utilizada frecuentemente para eventos o situaciones donde los sucesos no se pueden predecir o de ocurrencia aleatoria, es decir donde el número de pruebas a realizar es elevado, pero, el número de probabilidades de éxito que arroja esta distribución es muy bajo [7].

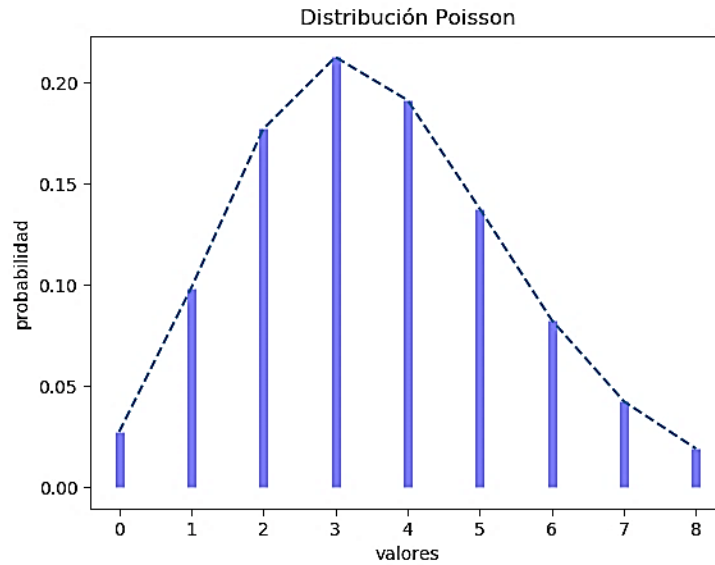
En diferentes eventos surge la “distribución de Poisson”, pero nos centramos cuando ocurre un suceso extraño aleatoriamente en el espacio-tiempo. Una variable conjunta es el número de situaciones del evento en un intervalo o ya sea del mismo espacio continuo, por lo tanto, es una variable aleatoria discreta que utiliza valores enteros desde 0 en adelante [21].

Para que una variable recuento siga una “distribución de Poisson” deben cumplirse varias condiciones, las cuales se pueden observar en la **Figura 9**.



**Figura 9.** Condiciones para que sigan una distribución de Poisson, [21].

A continuación, se visualiza en la **Figura 10** la representación de la distribución de Poisson.



**Figura 10.** Representación de la distribución de Poisson [21].

### 1.3.Simulación

#### 1.3.1. Definición de simulación

Entendemos como simulación a una técnica con la cual se realiza pruebas o muestreos sobre un modelo de un sistema. Un modelo confirma un conjunto de variables junto con las ecuaciones matemáticas que las relacionan y las restricciones que tienen dichas variables. El modelado es una etapa presente en la mayoría de los trabajos de investigación [8].

La “simulación de procesos industriales” es definida como la utilización de modelos informáticos para realizar pruebas virtuales los métodos y procedimientos de fabricación, estos incluyen procesos como la “producción, el montaje, el inventario y el transporte” [30].

Estas simulaciones suelen ser basadas en computadores y hacen la utilización de un modelo generado por softwares con la finalidad de apoyar las decisiones de los gestores [30].

Estas simulaciones suelen ser basadas en computadores y hacen la utilización de un modelo generado por softwares con la finalidad de apoyar las decisiones de los gestores.

Las simulaciones en la industria son utilizadas generalmente para realizar la evaluación de cambios en los distintos procesos que existan y los nuevos procesos con sus respectivos procedimientos [31].

Existen varias situaciones en las que son necesarios los procesos industriales los cuales principalmente son los siguientes:

- Cuando existe la carencia de datos.
- Cuando existe la necesidad de experimentar un entorno con “tiempos de espera” o baja “producción”.

[31]

<b>Cómo hacer una simulación de procesos industriales</b>	La simulación de procesos industriales se realiza mediante el uso de un software de simulación intuitivo para crear una perspectiva visual de un proceso.
	Esta simulación visual debe incluir detalles de los tiempos, las reglas, los recursos y las restricciones, para reflejar con exactitud el proceso del mundo real.
	Conocer las propiedades del proceso que se simula.
	Articular el comportamiento de las distintas partes del proceso.

**Figura 11.** Especificaciones generales para realizar una simulación [31].

En la **Figura 11** podemos observar especificaciones generales para poder realizar una simulación industrial e identificar correctamente los softwares acordes a las distintas situaciones que se presentan en las industrias.

La “simulación” cuenta con beneficios entre los cuales podemos visualizar los siguientes en la **Figura 12.**





**Figura 12.** Ventajas de la simulación.

En retrospectiva la importancia de simular procesos industriales es clara, especialmente en el contexto dinámico actual de la fabricación, afectado por mega tendencias como la globalización y la creciente demanda de mayor adaptación y personalización de los productos [32].

Los procesos novedosos de fabricación de materiales compuestos, donde la experiencia industrial es limitada, subrayan la necesidad de llevar a cabo simulaciones de procesos. Esto tiene como objetivo reducir tanto el tiempo como los costos asociados con el desarrollo de productos y procesos [32].



**Figura 13.** Ventajas de la simulación industrial [32].

En la **Figura 13** podemos observar las ventajas de la simulación industrial las cuales benefician a corto y largo plazo.

### ***1.3.2. Simulación necesaria e innecesaria***

Una vez que se ha construido un modelo, el primer intento siempre debe ser un intento de resolver analíticamente el problema en cuestión. Si esto es posible, la solución es exacta (normalmente la solución también es rápida). De lo contrario, se puede utilizar la simulación, lo que implica mucho trabajo de procesamiento. Debido a la poderosa potencia informática de las computadoras actuales, los programas de simulación pueden proporcionar soluciones aproximadas y rápidas a la mayoría de los problemas modelables [8].

### ***1.3.3. Proceso de modelado y simulación***

A partir de la observación del comportamiento del sistema se obtiene un modelo que lo representa. Un modelo simple siempre pretende facilitar su investigación, por otro lado, debe ser lo suficientemente complejo como para que sus resultados sean confiables y precisos.

Una vez obtenido el modelo se realiza el proceso de simulación, en el cual es importante tener un plan de investigación, en la cual se diseñan los experimentos a realizar, ya que se corre el riesgo de obtener demasiados datos difíciles de procesar y analizar. En este paso se pueden dividir en tres etapas: programación del modelo, etapa de transcripción del modelo a algún lenguaje informático, verificación de la programación, control del modelo requerido para la respuesta del programa de simulación y ejecución del experimento de simulación planificado [9].

## **1.4. Tipos de plantas industriales**

### ***1.4.1. Plantas continuas***

Este tipo de producción se lo realiza en cadena, ya que se puede apreciar una línea continua de flujo desde que el producto ingresa hasta que finalmente sale y es llevado al proceso de almacenado y despacho. Una vez que inicia la fabricación no se puede detener ya que eso generaría pérdidas a la empresa, así como también, la obstrucción de los equipos y posterior una gran pérdida de materiales [10].

### ***1.4.2. Plantas discontinuas***

En este tipo de industrias, a diferencia de la continua, podemos tener interrupciones en el proceso sin causar inconveniente alguno, debido a la naturaleza de sus operarios y tipos de productos que se elaboran [10].

## **1.5. Proceso**

Un proceso consiste en una sucesión organizada y estructurada de actividades interconectadas destinadas a convertir entradas o insumos particulares en resultados específicos [27].

Estos procesos se hallan presentes en múltiples sectores, desde la manufactura industrial hasta la dirección de proyectos y la entrega de servicios. La eficacia y la eficiencia de los procesos resultan fundamentales para el triunfo de cualquier empresa u operación, ya que posibilitan una gestión de recursos estructurada y optimizada para alcanzar metas y objetivos específicos [27].

### 1.5.1. Importancia de los procesos

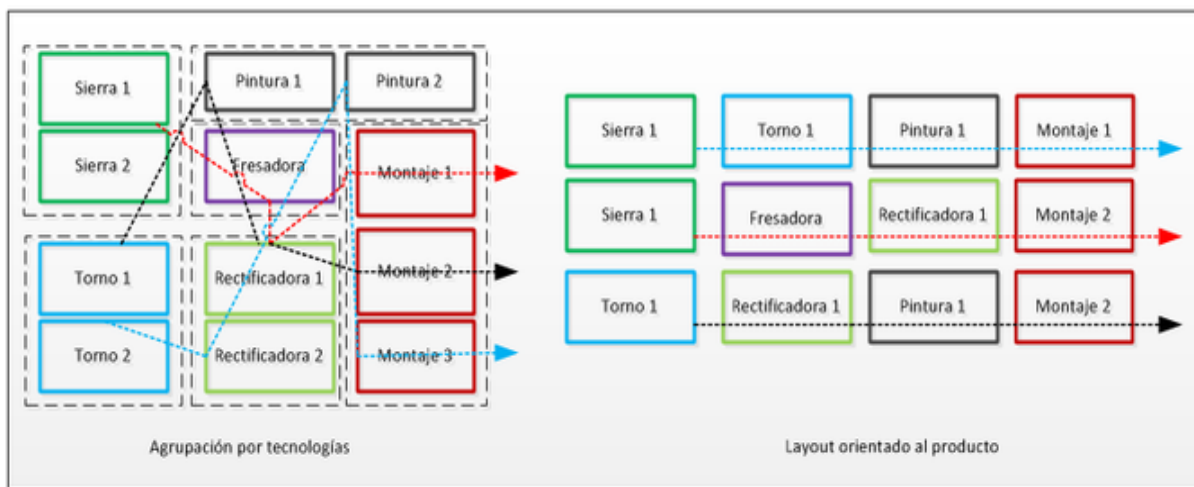
Las empresas que comprenden y optimizan sus procesos adquieren una ventaja competitiva considerable. Al tener un entendimiento profundo de cómo operan los procesos, las compañías pueden realizar mejoras continuas en su eficiencia y efectividad [27].

## 1.6. Tipos de procesos

### 1.6.1. Job Shops

Podemos llamarlo como tipo o método de producción con el cual podemos fabricar una enorme y significativa gama de productos ya sea de tamaño pequeño o mediano. Las unidades suelen ser conjuntos de componentes, en gran parte son utilizados para la elaboración de máquinas, robots, aviones, aeronaves, y ciertos prototipos [11].

A continuación, podemos apreciar en la **Figura 14** un claro ejemplo de un proceso “job shops”.



**Figura 14.** Proceso Job Shops.

### 1.6.2. Producción por lotes

Está direccionada a la fabricación de lotes de tamaño mediano de un determinado producto. La maquinaria, así como también el personal deben estar altamente preparados para elaborar con rapidez los cambios de lote. Este tipo de producción es la que se utiliza para la elaboración de un número de productos elevado, por ende, la mayor parte de industrias de calzado, muebles, electrodomésticos, máquina-herramienta, lo utilizan [11].

Observamos en la **Figura 15** la representación gráfica de cómo se maneja un proceso de producción por lotes y los distintos pasos que conlleva.



**Figura 15.** Producción por lotes.

### ***1.6.3. Líneas de producción***

Ideada por Henry Ford, la producción en cadena se utiliza para fabricar grandes series de una menor cantidad de productos, que, a su vez, suelen estar formados mediante el montaje de piezas. El producto va por medio de cintas transportadoras, y en distintos elementos de transporte y recorre a través de estaciones para la colocación de un determinado proceso [11].

En la **Figura 16** podemos observar la representación de una línea de producción.



**Figura 16.** Línea de producción.

#### ***1.6.4. Producción continua***

Se utiliza en la elaboración de productos en pequeña y grandes cantidades de naturaleza simple (no contiene muchas piezas). A la hora de la producción se puede ver el flujo continuo del producto mientras se realiza una serie de operaciones [11].

En la **Figura 17** podemos observar una línea de producción continua ejemplificados en una cadena de botellas.



**Figura 17.** Producción continua.

## **1.7. Proceso de etiquetado**

Existen diferentes tipos de etiquetadoras, pero a nivel general el proceso de producción es similar y se clasifica en 3 etapas:

### ***1.7.1. Entrada del envase a etiquetar***

Ingresan a la sección de etiquetado a través de la cinta transportadora a un recorrido circular y en una sola fila. El tornillo “sin fin” ubica en forma ordenada, siguiendo el proceso, un artefacto circunferencial llamado “estrella” dirige los envases hacia el carrusel que los ubica sobre los platillos que van rotando por medio del motor [12].

### ***1.7.2. Etiquetado***

Dicho anteriormente, el carrusel conduce y coloca los envases en la posición de etiquetado. La pieza utilizada para la conducción se llama rodillo que a su vez toma de la bobina cada etiqueta que es cortada por cuchillas giratorias y se desplazan al rodillo encolador, que ya está colocada una fina capa de pegamento con anterioridad. Posteriormente, el pegamento topa cada extremo de la etiqueta. El rodillo hace su trabajo y envuelve la etiqueta en el envase mientras gira en su propio eje [12].

### ***1.7.3. Salida de envases etiquetados***

Una vez finalizada la fase de etiquetado, se conduce a los envases hacia la estrella de salida y siguiendo el recorrido hasta la cinta transportadora [12].

A continuación, en la **Figura 18** se puede distinguir cada una de las etapas del proceso de etiquetado confirmando las etapas descritas previamente a detalle.



Figura 18. Proceso de etiquetado [12].

#### 1.7.4. Defectos en el etiquetado

Los posibles defectos en el etiquetado pueden ser de diferente índole como se puede visualizar en la **Figura 19**.



Figura 19. Defectos en el etiquetado [13].



## 1.8.Etiquetadora automática

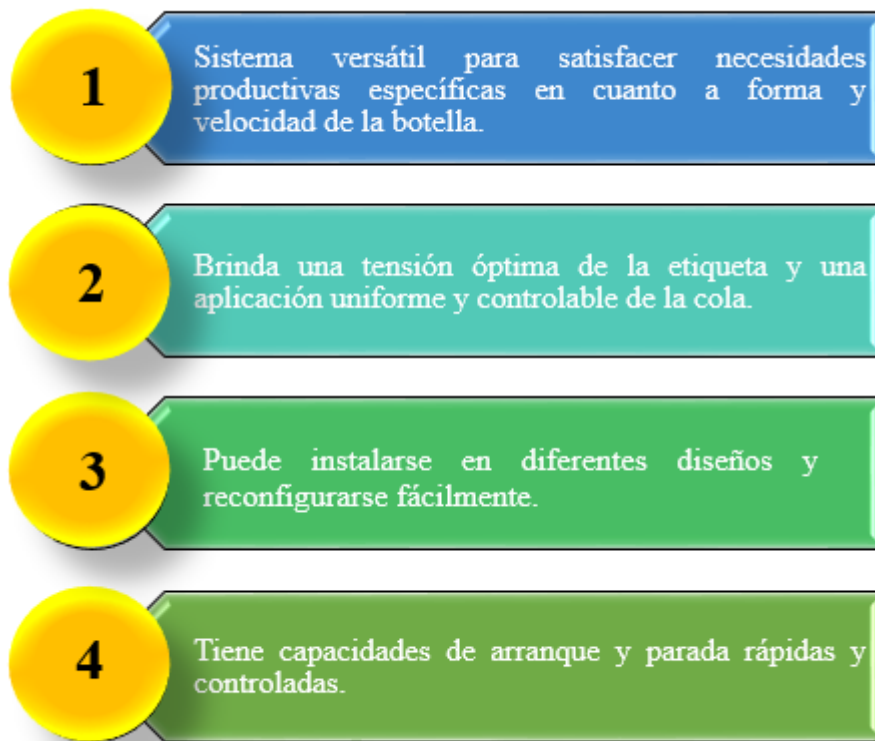
Existe un sin fin de máquinas más equipadas para una producción en volumen mayor, como es el caso de la SIDEL MATRIX SL70, que está plasmado en la **Figura 20**. Es una etiquetadora de bobina muy eficaz, con una capacidad de producción de hasta 60000 botellas por hora [14].



**Figura 20.** Máquina etiquetadora SIDEL MATRIX SL70 [14].

### 1.8.1. Características importantes de la máquina

En la siguiente **Figura 21** se puede observar las características importantes de la máquina



**Figura 21.** Características de la máquina [14].

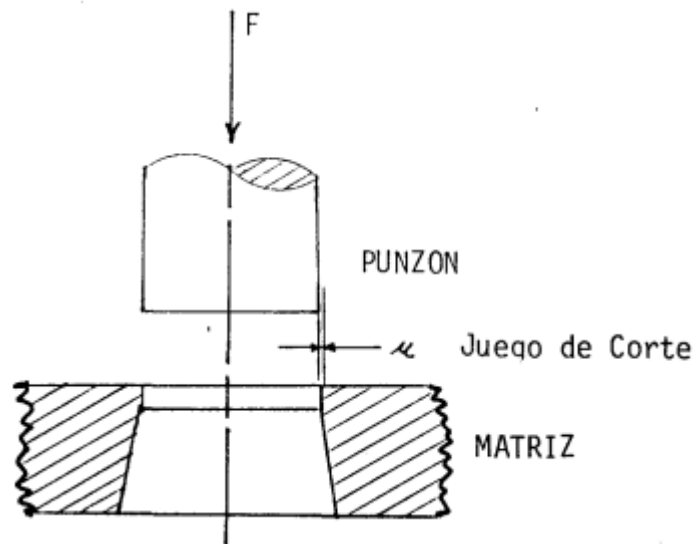
### ***1.9. Proceso de troquelado en la industria***

Conocemos como troquelado al corte mediante punzonado de una placa, la misma es una operación de mecanizado la cual se realiza generalmente en frío [15].

#### ***1.9.1. Proceso de corte***

Para ejecutar el proceso de corte sobre una matriz se tiene una parte fundamental conocida como punzón, el cual ejercerá una presión sobre la matriz base haciendo que se realice el juego de corte con la forma del punzón [15].

En la **Figura 22** logramos distinguir el punzón para troquelar de la matriz base.



**Figura 22.** Desarrollo del proceso de corte [15].

#### *1.9.1.1. Deformación elástica*

Observamos que al momento que el punzón desciende hace contacto con la matriz base y ejerce una presión, resultado de la fuerza que se genera al imprimir el punzón sobre la matriz para lo cual las fibras del material tienden a dilatarse o deformarse elásticamente [15].

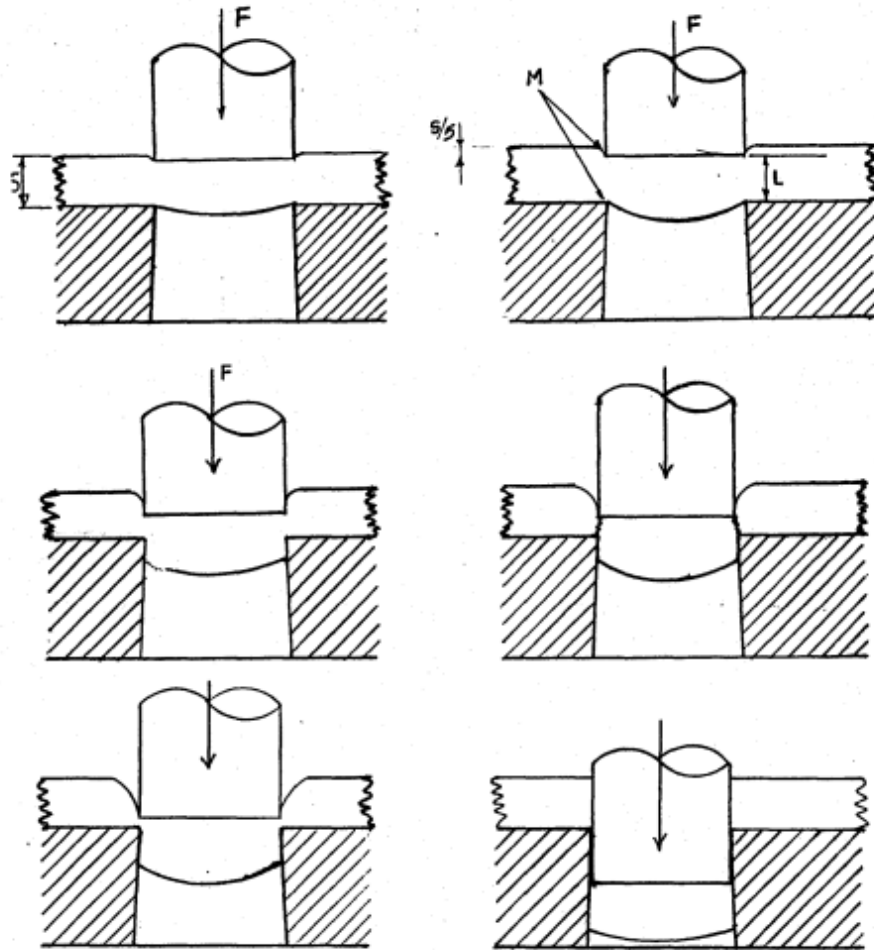
#### *1.9.1.2. Deformación plástica*

El punzón continúa el descenso hasta llegar a una quinta parte del espesor de la matriz, la misma no presenta grietas, pero se observa una clara deformación, lo que nos indica que se ha superado el límite de elasticidad del material [15].

#### *1.9.1.3. Rotura*

Al observar que el punzón continúa con el descenso, para lo cual las grietas en la matriz se prolongan hasta encontrarse, esto se suscita cuando el esfuerzo de compresión producido por el punzón es mayor a la resistencia que tiene el material a la cizalladura. La separación de la pieza con la forma del punzón se produce cuando el mismo ha penetrado aproximadamente un tercio del espesor de la matriz [15].

En la **Figura 23** podemos diferenciar las diferentes etapas que se realizan al momento de troquelar y las cuales fueron descritas a partir del apartado 1.9.1.



**Figura 23.** Etapas del proceso de corte por punzonado [15].

### 1.10. Elementos de un troquel

En la **Figura 24** podemos observar los distintos elementos que componen un troquel.

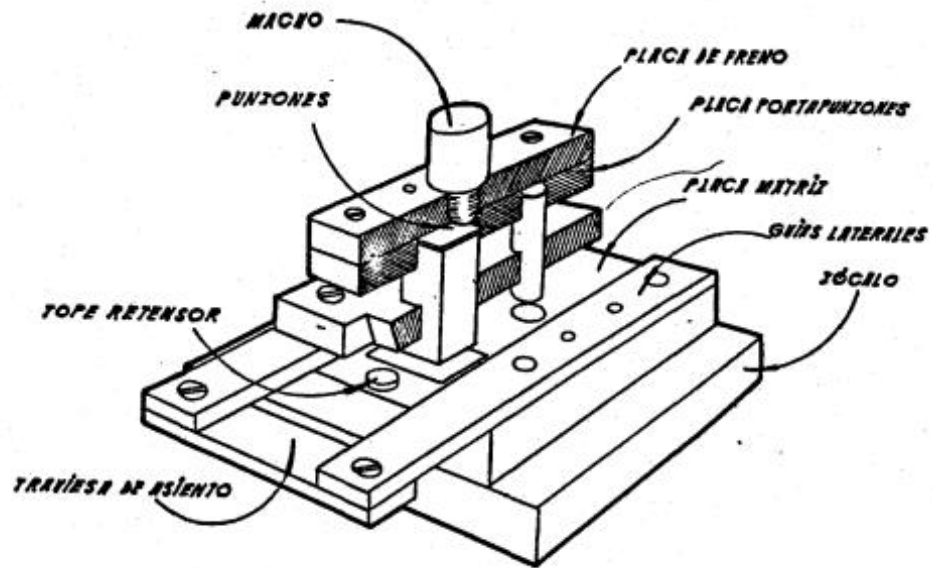
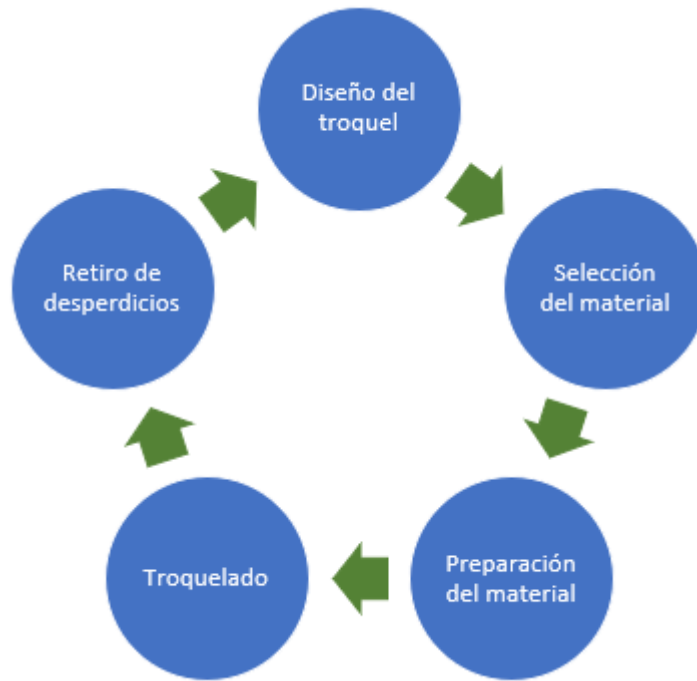


Figura 24. Matriz tipo de punzonar [15].

En la **Figura 25** se puede observar el “procedimiento de troquelado” el cual para ser realizado consta de diversos pasos o procedimientos, estos pueden variar ligeramente acorde al modelo de máquina o tipo de material que se vaya a “troquelar”.



**Figura 25.** Procedimiento de troquelado.

### **1.11. Proceso de pulido**

Los procesos referenciados a “maquinado convencional” el cual remueve el material de la pieza de trabajo con la ayuda de una herramienta con mayor dureza, este mismo genera irregularidades en el material base al cual se aplica este proceso, así que muchas veces se necesita un tratamiento adicional, con la finalidad de rectificar estas “imperfecciones” y mejorar el acabado superficial o irregularidades de la pieza [28].

Como se observa en la **Figura 26** el pulido en este caso es realizado con una máquina herramienta “amoladora” [28].



**Figura 26.** Amoladora utilizada para el proceso de pulido [28].

En la **Figura 27** podemos observar las características una “amoladora” y las distintas funcionalidades que la misma posee, siendo el “lijado y desbaste” los más usados en el procedimiento de “pulido”.

---

**Características de una amoladora**

**Lijado:** Es el acabado superficial liso de una pieza u objeto. Para hacerlo, se utilizan discos con diferentes tamaños de granos de lija en función del material a tratar. El mejor lijado se realiza con **amoladoras rectas**.

---

**Abrillantado o pulido:** Consiste en alisar y dar tersura o lustre a un objeto para conseguir una superficie brillante o satinada. **Una amoladora** es perfecta para pulir diferentes tipos de materiales como mármoles o granitos.

---

**Corte:** Es el seccionamiento de una pieza. En estos casos, los discos de corte se caracterizan por ser más finos, capaces de cortar materiales como plásticos, maderas, metales, etc.

---

**Decapado:** Es perfecta para eliminar diferentes tipos de impurezas como manchas, herrumbres, escoria, contaminantes inorgánicos, etc.

---

**Desbaste:** Consiste en la eliminación de residuos que se encuentran adheridos a un material.

---

**Figura 27.** Características de una amoladora [28].

### 1.11.1. Pulido mecánico

El “pulido mecánico” es un proceso que usualmente necesita de dos etapas: “grueso y fino”, como es referido de manera común; es decir, que el desarrollo se lleva a cabo en varias fases secuenciales de desbaste que se mejoran de manera paulatina la “rugosidad” de una superficie hasta lograr el acabado superficial que se desea [29].

Para que el “pulido” sea correcto y cumpla con su cometido, se deben ejecutar distintos pasos para que estos lleven a un resultado de gran calidad, estos mismos se dividen en los diferentes pasos que debe tener el metal, los cuales se presentan en la **Figura 30** [29].

En retrospectiva el “pulido” de un elemento es un procedimiento de acabado o desbastado de material, debido a que con este procedimiento se eliminan imperfecciones, irregularidades o impurezas que procedimientos previos pueden llegar a formar en el metal.

## Fases de pulido

---

**Gratado:** Se utiliza para eliminar impurezas y restos de óxido o suciedad que hayan podido quedar en la pieza debido a los procesos previos.

---

**Desbastado:** El desbaste (o lijado del metal) consiste en eliminar los defectos presentes en la pieza para obtener una superficie lisa y sin imperfecciones.

---

**Esmerilado:** También llamado proceso de rectificando, es necesario para eliminar las marcas que dejaron las lijas en la pieza, retirar los restos de viruta, y verificar que la pieza cumple con las dimensiones y especificaciones necesarias.

---

**Pulido:** En esta fase se eliminan las marcas que haya dejado el proceso de esmerilado sobre la pieza y la misma queda lista para darle el acabado deseado.

---

**Abrillantado:** La última fase tiene como propósito recuperar el brillo de la superficie de la pieza y dar uniformidad al acabado de la misma. Este proceso se aplica a piezas que no llevarán ningún recubrimiento metálico posterior. Entre los diferentes tipos de acabados se encuentran: brillante, mate (sin brillo) y texturizado.

---

**Figura 28.** Fases por tomar en cuenta en el proceso de pulido [29].

Una de las herramientas más utilizada para el pulido del metal y corrección de irregularidades es la máquina eléctrica “amoladora”.



Dicha herramienta hace posible realizar diferentes actividades o procedimientos como los mencionados en la **Figura 29**.



**Figura 29.** Amoladora [29].

En la **Figura 30** se puede detallar el procedimiento que se realiza para realizar el pulido de una superficie o material el cual será trabajado acorde a la necesidad.



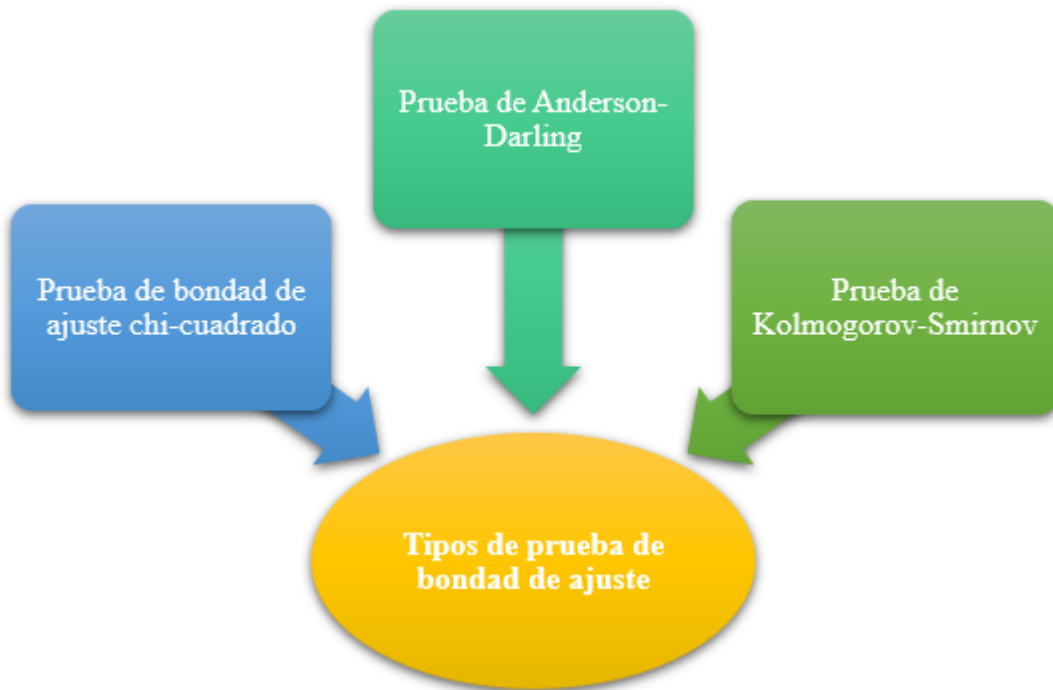
**Figura 30.** Procedimiento de pulido.

### 1.12. Prueba de bondad de ajuste

Lo que conocemos como pruebas de bondad se utiliza para constatar si es posible que los datos de la muestra vienen de una distribución específica o modelo de probabilidad. Para entender mejor, para saber si los datos que estamos sacando provienen de una “distribución normal, de Poisson o exponencial” [17].

En conclusión, las pruebas de bondad de ajuste permiten que podamos comprobar el tipo de distribución que transitan nuestros datos y, a su vez, que pruebas podemos llevar a cabo en las diferentes comparaciones estadísticas [17].

A continuación, en la **Figura 31** se podrá observar los tipos de prueba de bondad de ajuste.



**Figura 31.** Tipos de prueba de bondad de ajuste.

La prueba de bondad de ajuste Chi-cuadrada es requerida para distribuciones discretas, las cuáles son, la “distribución de Poisson” y la “distribución binomial” así también con distribuciones continuas un ejemplo claro es la distribución normal y exponencial que tiene una clara diferencia con las pruebas de bondad de ajuste llamada “Kolmogórov-Smirnov y Anderson Darling” que el fin de las mismas es trabajar solo con “distribuciones continuas” [18].

## Capítulo II

### Aplicación de la metodología

La aplicación de una “Metodología de Adaptación” de distribución de probabilidades aplicadas a la teoría de colas en la industria es crucial debido a la capacidad que tiene para modelar y analizar el comportamiento de sistemas de cola, como “líneas de producción” o “servicio al cliente” en entornos con una probabilidad alta de variación.

Seleccionar una distribución de probabilidad adecuada para estos sistemas es crucial debido a las fluctuaciones en la demanda, los tiempos de servicio y otros factores. Se puede plasmar la variabilidad real del sistema con una mayor precisión y ajustar las predicciones de rendimiento al adaptar dinámicamente la distribución de probabilidad utilizada para el modelo. Esto nos permite acertar decisiones informadas acerca de la asignación de recursos, la programación de trabajadores y maquinaria, lo que aumenta la eficiencia y reduce costos operativos.

También tiene la ventaja de ser extremadamente adaptable a una variedad de escenarios industriales, puede adaptarse continuamente a medida que cambian las condiciones del entorno, lo que permite a las organizaciones optimizar sus operaciones en tiempo real y responder de manera efectiva a las dinámicas cambiantes del mercado. Garantizando una asignación eficiente de recursos y una mejora continua de la calidad y la eficiencia de los procesos de producción y servicios, este planteamiento de metodología proporciona una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en la industria, lo que resulta en una ventaja competitiva significativa.

Además, se utilizó de programas como Minitab y Matlab con la finalidad de generar muestreo mediante datos aleatorios en base a una media significativa, así como realizar simulaciones enfocadas a los tres tipos de distribuciones (distribución normal, distribución exponencial, distribución de Poisson) para determinar cuál de las mismas es la óptima para ser aplicada en estos procesos para conseguir los objetivos planteados.

## 2.1. Procedimiento metodológico

Para identificar qué distribución es la más acertada para los distintos procesos “ETIQUETADO DE BOTELLAS” y “PROCESO DE TROQUELADO Y PULIDO”, teniendo en cuenta que para acceder al servicio se genera un tiempo de espera, lo que posteriormente hace que se genere una cola, para lo cual se debe examinar e interpretar los datos para identificar qué tipo de distribución mejora la eficiencia del sistema.

A continuación, se muestra el algoritmo utilizado para cada una de las distribuciones:

**Tabla 2.** Algoritmo teoría de colas

---

<b>Algoritmo teoría de colas</b>	
Paso 1:	Identificación de datos
Paso 2:	Declaración de variables media_llegada' desviacion_llegada' tasa_servicio' lambda_llegada' tiempo_simulacion'
Paso 3:	Inicialización de variables variables = 0'
Paso 4:	Simulación del sistema de teoría de colas while (tiempo; tiempo_simulacion)' tiempo (tiempo; tiempo_llegada)' tiempos_llegada (tiempos_llegada; tiempo_llegada)' tiempo_servicio (exprnd(1/tasa_servicio)' tiempo_espera (max (0, cola*tiempo_servicio)' tiempos_espera (tiempos_espera; tiempo_espera)' tiempos_servicio (tiempos_servicio; tiempo_servicio)' cola (cola+1)' end'
Paso 5:	Presentación de resultados

---

## 2.2. Metodología de análisis

Determinar el “tipo de distribución de probabilidad” que mejor representa el tiempo entre arribos (Inter arribo) y el tiempo de servicio, ya que es crucial para la aplicación efectiva de la “teoría de colas”. Se proporciona una guía general, la cual puede observarse en la **Figura 32**, para obtener información relevante y seleccionar la distribución adecuada:



**Figura 32.** Guía general para el análisis de los procesos.

## **Recopilación de datos**

*Inter arribos:*

- Registra el tiempo entre la llegada al sistema.

*Tiempo de servicio:*

- Mide el tiempo que tarda en procesar
- Registra datos durante varios ciclos de producción, considerando diferentes condiciones operativas.

## **Análisis de Datos**

*Histograma:*

- Crea “histogramas” para visualizar la distribución de los datos.
- Observa la forma y simetría del histograma.

*Estadística descriptiva:*

- Calcula medidas estadísticas como la media, la mediana y la desviación estándar para entender la ubicación y dispersión de los datos.

## **Pruebas de ajuste**

*Pruebas estadísticas:*

- Utiliza pruebas estadísticas como la prueba de “Kolmogórov-Smirnov”, o también la prueba de “Chi-cuadrado” o la prueba de “Anderson-Darling” para evaluar la bondad de ajuste de varias distribuciones.
- Ajusta los datos a estas distribuciones y compara la bondad de ajuste.

## **Validación y selección**

*Validación del ajuste:*

- Verifica que la distribución seleccionada se ajuste bien a los datos mediante gráficos de probabilidad.

*Selección del ajuste:*

- Basándose en las pruebas y el análisis, se selecciona la distribución que mejor se ajuste a los datos tanto para el Inter arribo como para el tiempo de servicio.

### **Implementación en modelos de cola**

*Modelo de cola:*

- Utiliza las distribuciones seleccionadas para modelar el comportamiento de arribos y servicio.

*Simulación (opcional):*

- Si es posible, realiza simulaciones utilizando el modelo de cola y verifica su desempeño.

## **2.3. Análisis del proceso de troquelado y pulido**

### **2.3.1. Recopilación de datos**

En base a los resultados de la encuesta Anexo 1 se logró identificar que ingresan un total de 20 a 30 elementos cada hora de materia prima a la cola para recibir un servicio, con lo cual se generan los siguientes datos:

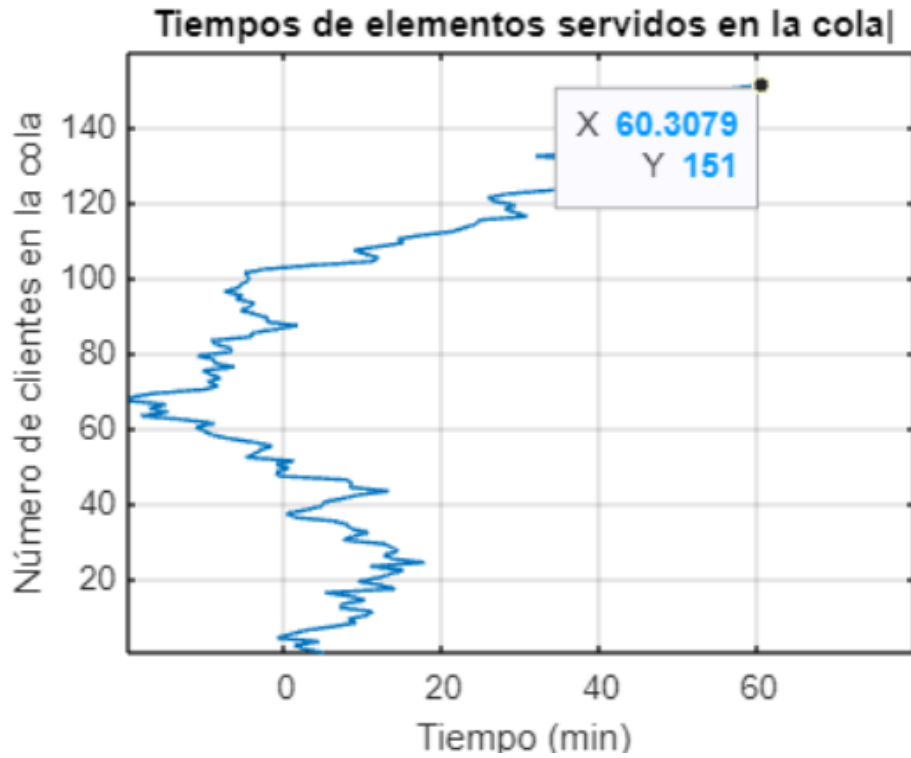
- **Media:**  $25 \frac{\text{elementos de materia prima}}{\text{hora}}$
- **Media de llegada por minuto:**  $\frac{1}{2}$  “ingresa un elemento de materia prima cada dos minutos”
- **Tasa de servicio:**  $\frac{30}{60} \frac{\text{capacidad máxima de ingreso}}{\text{minutos}}$
- **Desviación estándar:** 3 “desviación estándar de llegadas por minuto”
- **Lambda ( $\lambda$ ):**  $\frac{1}{2}$  “tasa de llegada por minuto”
- **Tiempo de simulación:** 60 “minutos”

Se logra identificar que en el proceso de pulido no se generan colas debido a que se trabaja con varios servidores, esto hace que no se generen colas ni tiempos de espera para recibir el servicio.



### 2.3.2. Distribución normal

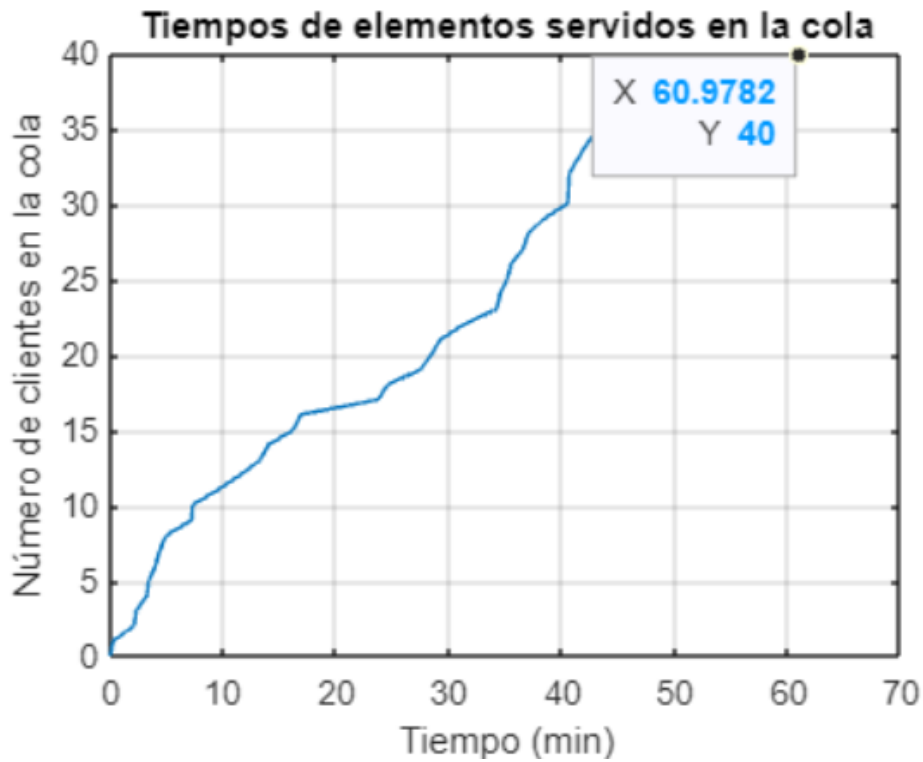
Se simuló mediante un algoritmo generado por “MATLAB” una distribución normal para lo cual nos arroja los siguientes datos:



**Figura 33.** Gráfica tiempos de elementos servidos en la cola distribución normal.

Se logra denotar mediante **Figura 33** una gran dispersión de datos, para los mismos se tomó en cuenta variables difusas que afectan directamente al operador como la fatiga, el cansancio, la disminución de rendimiento, tiempo de trabajo, estas variables tienden a generar tiempos de espera.

### 2.3.3. Distribución exponencial



**Figura 34.** Gráfica tiempos de elementos servidos en la cola distribución exponencial.

Se logra identificar mediante la **Figura 34** que el comportamiento de la distribución exponencial no tiene una gran cantidad de datos dispersos, sin embargo, podemos denotar que esta distribución menora los tiempos de espera en la cola.

### 2.3.4. Distribución de Poisson



Figura 35. Gráfica tiempos de elementos servidos en la cola distribución de Poisson.

Se logró identificar mediante la **Figura 35** que el comportamiento de la distribución de Poisson no tiene una gran cantidad de datos dispersos, sin embargo, en comparación con la distribución exponencial genera más tiempos de espera.

## 2.4. Análisis del proceso de etiquetado de botellas

### 2.4.1. Recopilación de datos

Para la compilación de datos, se obtuvo información sobre la máquina BLA-MB1800SB, una etiquetadora automática de botellas con una capacidad operativa de hasta 1800 botellas por hora para una etiqueta [16].

#### 2.4.1.1. Inter arribos

Se generan 60 datos aleatorios con un rango de 25 a 35, la suma de estos valores debe arrojar la cantidad de ingresos a la máquina se lo puede apreciar en la siguiente **Tabla 3**.

**Tabla 3.** Datos aleatorios con un rango de 25 a 35

<b>Datos con un rango de 25 a 35</b>									
27	30	29	32	32	31	27	30	28	33
26	28	26	25	30	34	34	29	31	27
35	32	35	29	32	27	30	30	30	31
29	30	34	28	30	34	31	32	33	30
28	29	28	31	34	31	26	31	27	28
27	30	33	35	27	28	29	30	30	27

### **2.4.2. Análisis de datos**

Se identifica que el tiempo de servicio de la etiquetadora es de 1800 botellas cada hora, lo que indica el valor máximo que ingresa a la máquina.

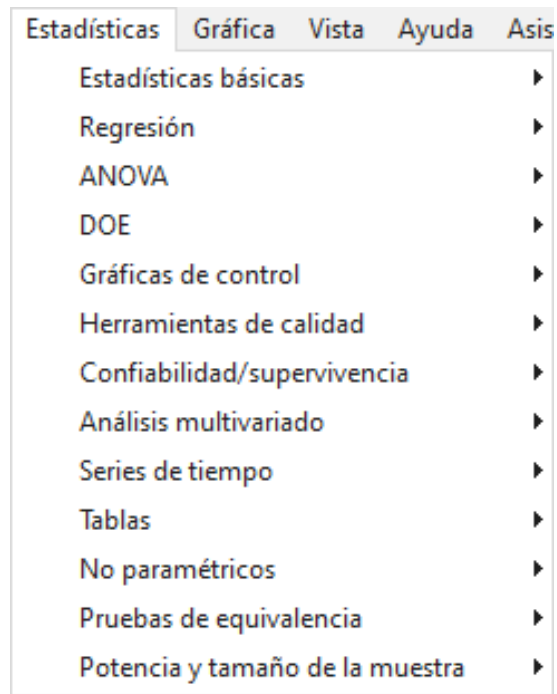
#### **2.4.2.1. Histograma y Estadística descriptiva**

Como primer paso, se empleó el programa Minitab, en el cual se ingresaron los datos de los Inter arribos en una columna. A continuación, se describirá cada paso para obtener el resumen gráfico que incluirá el histograma, la media, la desviación estándar y la varianza.

A continuación, se detallan los pasos que para generar los resultados en Minitab.

- **Paso 1**

En la **Figura 36** se puede apreciar una serie de opciones estadísticas las cuales desplegarán distintas opciones.



**Figura 36.** Opción de estadísticas.

- **Paso 2**

En la **Figura 37** se observa que al seleccionar la opción de estadísticas básicas se generan varias opciones referentes a la misma.

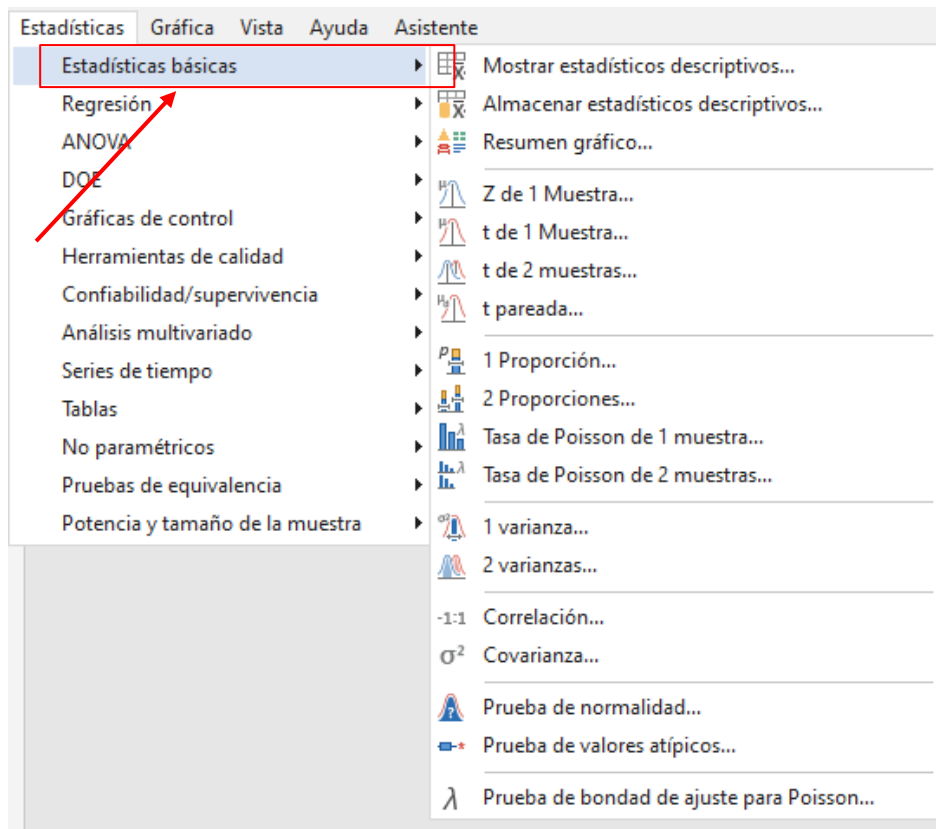


Figura 37. Opción de estadísticas básicas.

- **Paso 3**

Hacer selección en el apartado que nos indica “resumen gráfico” para que previamente se ingresen los datos que se encuentran en la columna como se logra visualizar en la **Figura 38**.

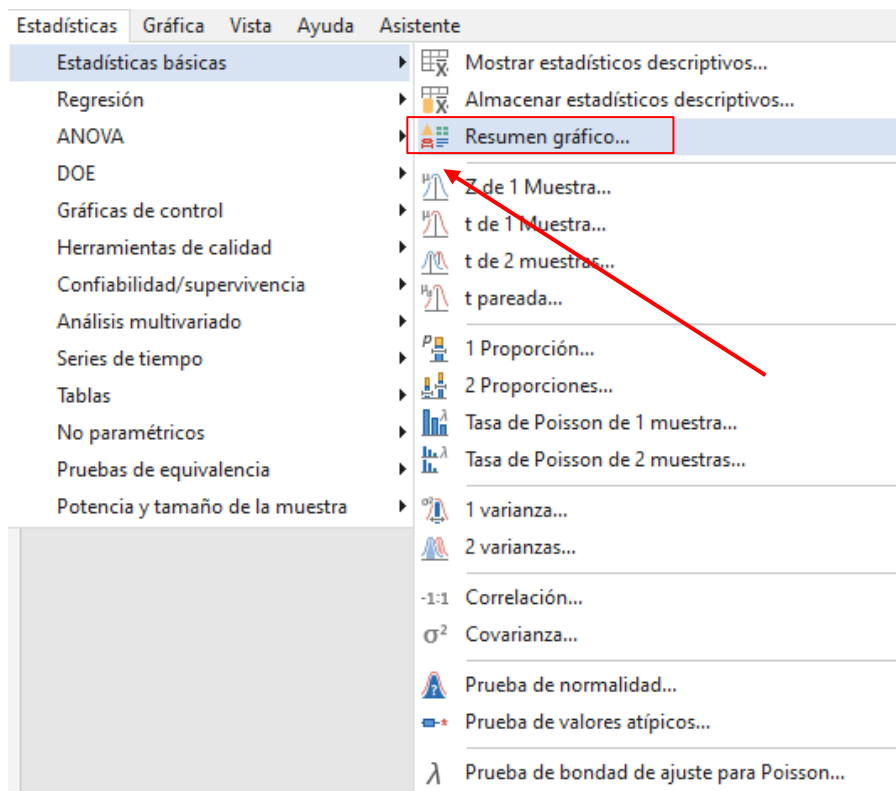
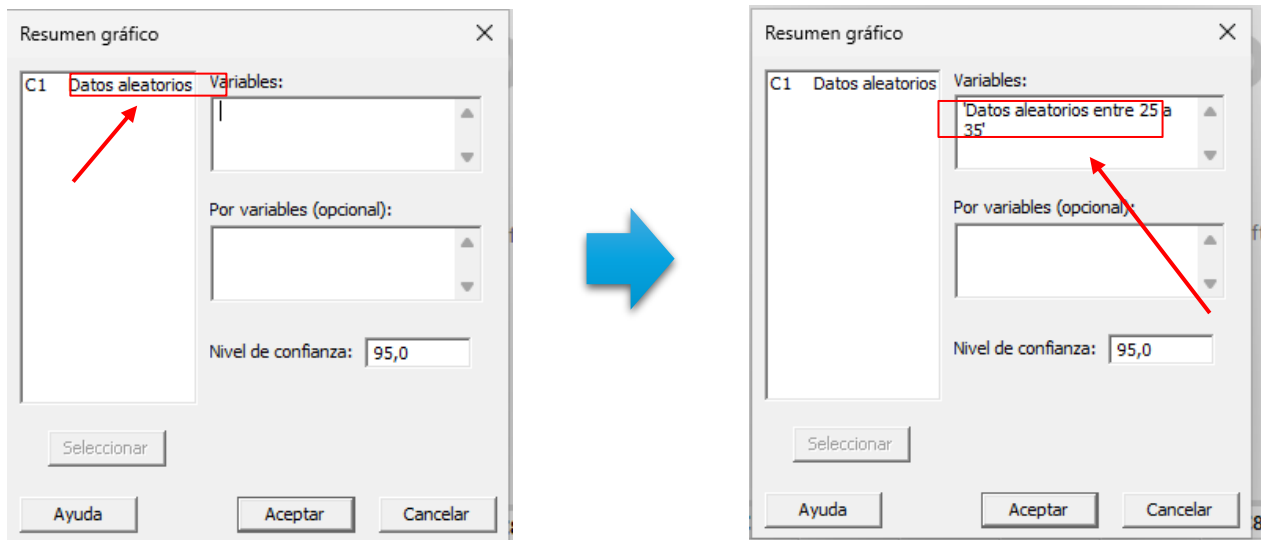


Figura 38. Ingreso a la opción resumen gráfico.

- **Paso 4**

Al seleccionar la opción de “resumen gráfico” se despliega una ventana en la cual se debe seleccionar “C1” (datos aleatorios entre 25 y 35) con la finalidad de generar variables como se puede apreciar en la **Figura 39**. Esto se realiza con el objetivo de obtener información sobre los datos Inter arribos.



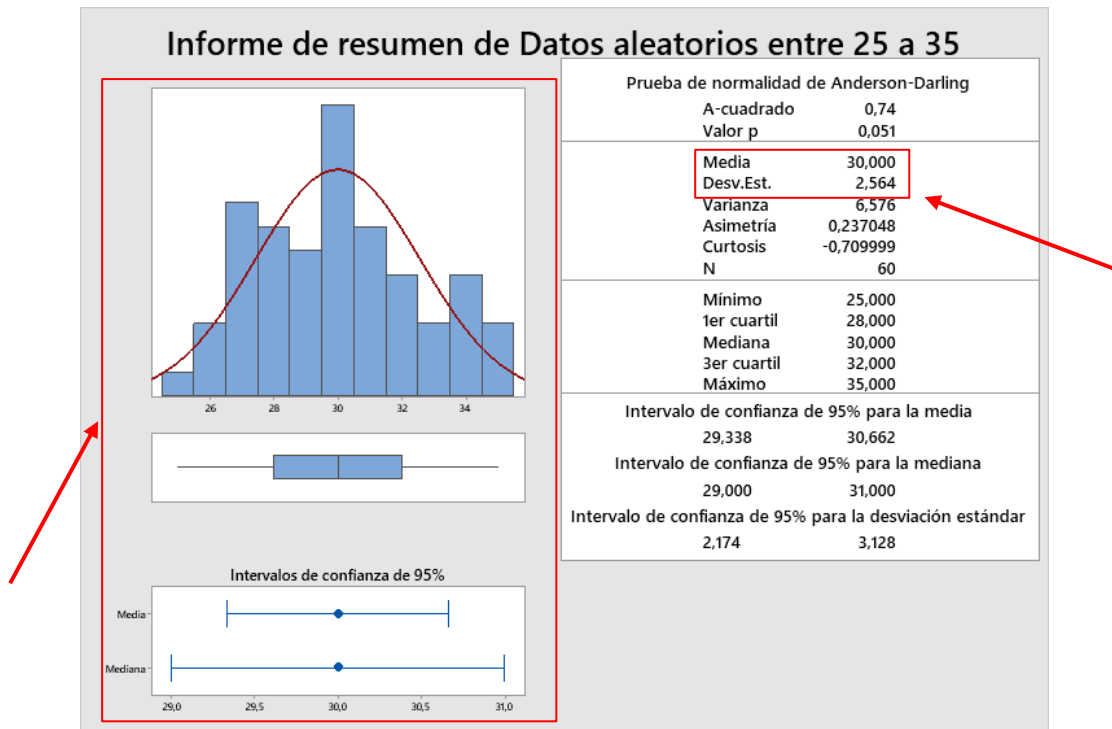
**Figura 39.** Ventanas de resumen gráfico.

- **Paso 5**

Como paso final se realiza clic en “aceptar”, el programa genera la información deseada, en este caso es el informe resumen como se puede visualizar en la **Figura 40**. Este informe proporciona datos relevantes como:

- **Media:** 30
- **Desviación estándar:** 2,564
- **Histograma**





**Figura 40.** Gráfica de probabilidad.

### 2.4.3. Pruebas de bondad y ajuste

Igualmente, para realizar la prueba de bondad de ajuste, se empleó la prueba de Anderson-Darling en Minitab. En este proceso, se generaron dos gráficas comparativas: una correspondiente a la distribución exponencial y otra a la distribución normal como se lo puede apreciar en la **Figura 41**. El propósito de esta comparación es demostrar qué tipo de distribución se ajusta mejor a los datos de los Inter arribos.

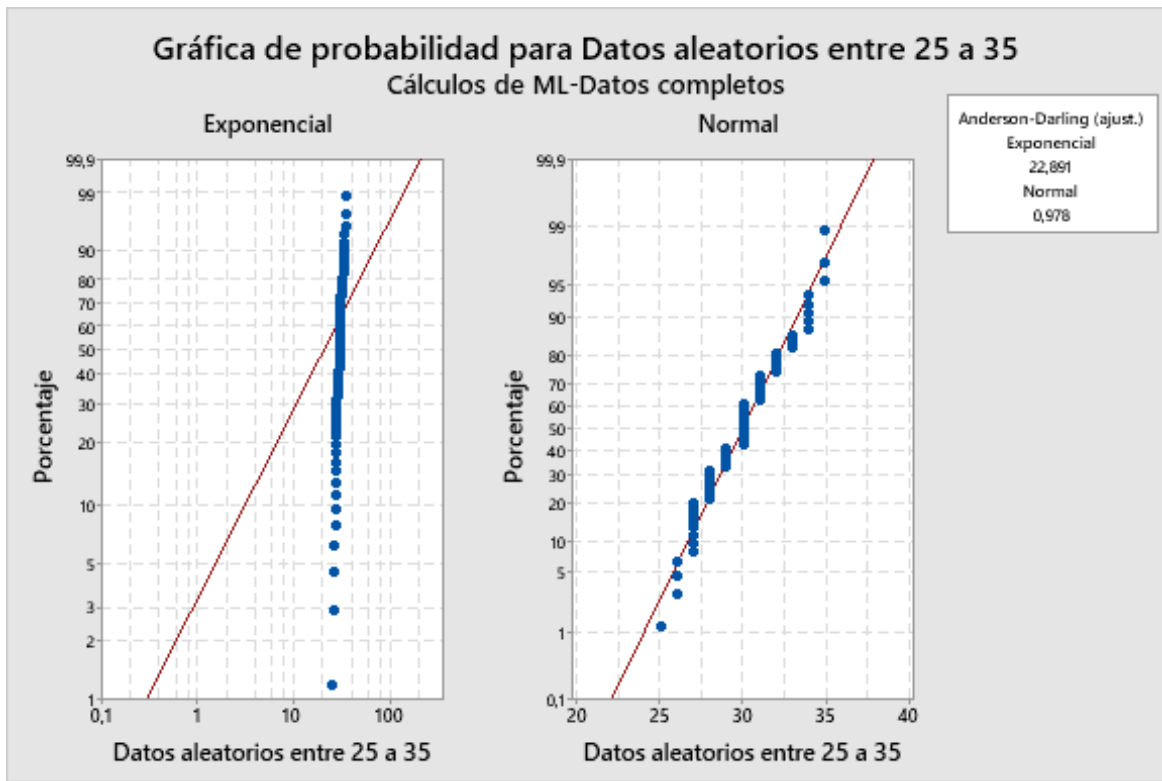


Figura 41. Gráfica de probabilidad.

En la **Figura 41** se puede observar que en las dos graficas tiene diferente comportamiento, como es el caso de la gráfica de la exponencial los datos no se ajustan a la recta inclinada por lo que están bastante dispersos, en cambio en la gráfica de la normal los datos si se ajustan a la recta inclinada.

#### 2.4.4. Arquitectura de la cola

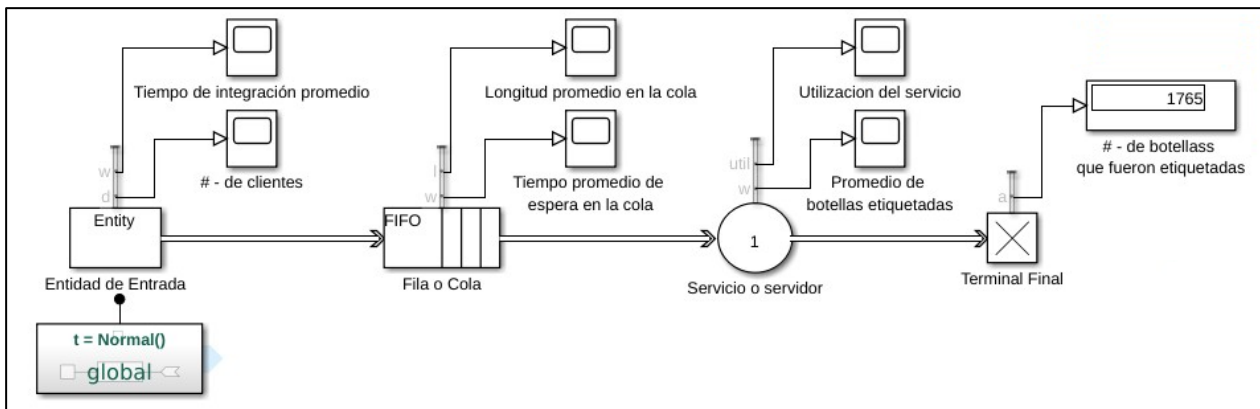


Figura 42. Modelo de cola en Simulink.

La **Figura 42** se genera utilizando el software simulink en la que se modeló una teoría de cola, que está formada por una entidad de entrada, Fila o Cola, servicio o servidor y terminador de entidad.

## Capítulo III

### 3.1. Resumen de resultados del proceso de troquelado y pulido

**Tabla 4.** Datos promedio de tiempo de espera y servicio.

	<b>Distribución normal</b>	<b>Distribución exponencial</b>	<b>Distribución de Poisson</b>
Promedio de tiempo de espera	0.03 minutos	0.03 minutos	0.03 minutos
Promedio de tiempo de servicio	2.03 minutos	1.89 minutos	2.06 minutos

Se concluye que las tres distribuciones tienen el mismo tiempo de espera, es decir, esperan 0.03 minutos en la cola antes de ser atendidos. Por otra parte, el promedio de tiempo de servicio se observa que varía en las tres distribuciones, teniendo como mejor alternativa el tiempo perteneciente a la “distribución exponencial” con un valor de 1.89 minutos, es decir, en comparación a las otras dos distribuciones, la distribución exponencial cuenta con más eficiencia y capacidad de servicio.

También se logra identificar cuantos elementos permanecían en la cola, por lo que tenemos los siguientes resultados:

#### **Distribución Normal**

Como se logra visualizar en la **Figura 33** tenemos un valor de 60 minutos y número de clientes en la cola de 151, por lo que al finalizar el tiempo de elementos servidos en la cola se encontró que existen 3 elementos esperando a ser atendido, esto también se ve reflejado en la dispersión de los datos.

#### **Distribución Exponencial**

Como se logra visualizar en la **Figura 34** tenemos un valor de 60 minutos y un número de clientes en la cola de 40, por lo que al finalizar el tiempo de elementos servidos en la cola se encontró que

existe 1 elemento esperando a ser atendido, podemos visualizar que los datos no se encuentran tan dispersos y siguen un patrón.

### Distribución de Poisson

Como se logra visualizar en la **Figura 35** tenemos un valor de 60 minutos y al finalizar el tiempo de elementos servidos en la cola se encontró que existen 2 elementos esperando a ser atendidos, podemos visualizar que no existe dispersión de datos.

### 3.2. Resumen de resultados del proceso de etiquetado de botellas

**Tabla 5.** Resultados de la bondad de ajuste.

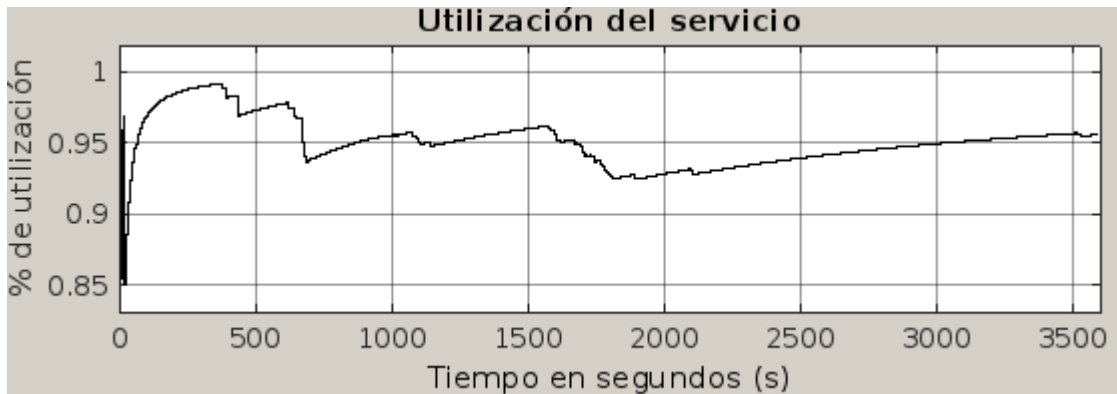
<b>Distribución</b>	<b>Anderson-Darling (ajust.)</b>
Exponencial	22,891
Normal	0,978

La **Tabla 5** se obtuvo mediante el Minitab en la que nos revela que la distribución que mejor se ajusta a los datos, es la distribución normal. Este resultado se respalda con la prueba de bondad de ajuste de “Anderson-Darling”, que arroja un valor de 0,978.

**Tabla 6.** Datos promedio de tiempo de espera entre lote-lote y promedio de tiempo de servicio.

	<b>Distribución normal</b>	<b>Distribución exponencial</b>	<b>Distribución de Poisson</b>
Promedio de tiempo de espera entre lote y lote	1.91 minutos	0.64 minutos	1.96 minutos
Promedio de tiempo de servicio	0.03 minutos	0.04 minutos	0.03 minutos

Con los resultados de la **Tabla 6** el promedio de tiempo de espera entre lote y lote en la distribución exponencial es de 0.64 minutos por lo que esta distribución despliega un resultado incoherente, por esta razón se descarta. La distribución normal nos da un resultado de 1.91 que es menor que el de la distribución de Poisson lo que genera 1.96, por lo tanto, se concluye que la distribución más adecuada es la de la normal.



**Figura 43.** Gráfica de la utilización del servicio.

En la **Figura 43**, se observa que el porcentaje de utilización del servicio en el proceso de etiquetado se mantiene en un rango entre el 98% y el 94% a lo largo de los 3600 segundos que dura la simulación corroborando que la “distribución normal” es la que se debería utilizar.

## Conclusiones

- La distribución exponencial ha demostrado ser específicamente útil para el proceso de troquelado y pulido, mediante el análisis de cada tipo de distribución se pudo determinar que la distribución normal reflejaba dispersión de datos excedente, para lo cual esta misma quedó descartada. La distribución de Poisson y exponencial generaron datos similares, pero la distribución que tenía menos elementos en espera a ser atendidos es la exponencial.
- Analizando los resultados del “proceso de etiquetado de botellas”, se pudo analizar cada tipo de distribución, para lo cual se pudo determinar que la distribución exponencial reflejaba bastante dispersión de los datos y el promedio de tiempo de espera entre lote y lote nos arrojaba un resultado incongruente, para lo cual esta misma quedó descartada. La distribución de Poisson y Normal generaron datos similares, pero la distribución que generaba valores más bajos fue el de la distribución normal por lo que se seleccionó dicha distribución.
- La metodología fue desarrollada utilizando los programas "Matlab y Minitab". Estos programas generaron resultados que permitieron determinar la distribución óptima para cada proceso.
- Se propone con la finalidad de mejorar “los tiempos de espera en la cola” en el proceso de troquelado y pulido que el operador cuente con maquinaria de apoyo al momento de transportar la materia prima hacia la maquina ya que esto influye directamente en los tiempos de espera debido a se generan variables difusas como la fatiga, el cansancio, la disminución de rendimiento, tiempo de trabajo.

## **Recomendaciones**

- Dado que la distribución exponencial resultó ser la más acertada para el “proceso de troquelado y pulido” se recomienda continuar utilizando este modelo para pronosticar y planificar los tiempos de espera, ajustando según sea necesario en base a observaciones continuas.
- Se recomienda la adopción de la distribución normal para análisis y modelados futuros en procesos similares al de una máquina etiquetadora de botellas. Es evidente que la distribución normal proporciona mejores resultados.
- La utilización de los programas como Matlab y Minitab para determinar distribuciones óptimas para los procesos industriales, puede proporcionar una base sólida para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la industria.
- Se recomienda realizar la implementación de sistemas ergonómicos que faciliten el manejo y transporte de la materia hacia la máquina troqueladora, con la finalidad de reducir la posibilidad de fatiga y mejorando la eficiencia en el servicio.



## Referencias bibliográficas

- [1] Á. Burbano, A. Valdivieso, and S. Burbano, *APLICACIONES DE TEORÍA DE COLAS Y LÍNEAS DE ESPERA EN CONTEXTOS CIENTÍFICOS DE INVESTIGACIÓN*, vol. 1. 2018.
- [2] F. Hiller and G. Liberman, “INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES,” 2010.
- [3] M. Contreras, “TEORÍA DE COLAS Trabajo Fin de Grado,” 2021.
- [4] A. Sweeney Williams, “Métodos cuantitativos para los negocios.” [Online]. Available: <http://latinoamerica.cengage.com>
- [5] J. Dagnino, “LA DISTRIBUCIÓN NORMAL,” 2014.
- [6] A. Holmes, B. Illofsky, and S. Dean, *INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA EMPRESARIAL*, OpenStax. Houston, Texas, 2022. Accessed: Oct. 11, 2023. [Online]. Available: <https://openstax.org/books/introducci%C3%B3n-estad%C3%ADstica-empresarial/pages/1-introduccion>
- [7] M. Benlloch and M. Gómez, “La distribución Poisson Apellidos, nombre Martínez Gómez, Mónica.”
- [8] R. Cao, *Introducción a la Simulación y a la Teoría de Colas*, 1st ed. 2002.
- [9] A. Jiménez, M. Catro, and J. Costa, *Simulación de procesos y aplicaciones*. Madrid, 2015.
- [10] N. Patin, “Estudio de sistemas de etiquetado de frascos de vidrio para reducir tiempos de producción en la Fábrica de mermelada LA CARLITA de la Parroquia Facundo Vela, Cantón Guaranda,” Ambato, 2015, p. 236.
- [11] F. Criollo, “Estudio De Una Etiquetadora De Botellas Cilíndricas Para Mejorar La Productividad En El Prototipo De Embotelladora En El Laboratorio De Automatización De La Facultad De Ingeniería Civil Y Mecánica De La Universidad Técnica De Ambato,” Ambato, 2013, p. 381.
- [12] J. Ruiz, “Diseño y automatización de máquina etiquetadora,” Buenos Aires, 2018, p. 54.

- [13] A. Martínez, “Operación y mantenimiento de la máquina etiquetadora SACMI,” México, 2013, p. 91.
- [14] Sidel, “Solución para línea completa,” p. 21, 2018.
- [15] A. C. Sanchez, “DISEÑO Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA UN TROQUEL DE CORTE FINO DIVISION DE INGENIERIAS PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA.”
- [16] Czech Brewery System. BLA-MB1800SB : Etiquetadora automática [Internet]. 2019. p. 1.
- [17] M. Romero, “Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal,” *Enfermería del Trab.*, vol. 6, no. 3, pp. 1–10, 2016.
- [18] C. Flores and K. Flores, “Pruebas de bondad de ajuste Kolmogórov- Smirnov y Ji-cuadrada aplicadas a la toma de decisiones empresariales,” *Yachana Rev. Científica*, vol. 12, no. 2, pp. 113–127, 2023, [Online]. Available: <http://revistas.ulvr.edu.ec/index.php/yachana/article/view/844/668>
- [19] M. Palomino, “Aplicación de teoría de colas en la simulación de escenarios para mejorar el tiempo de espera de los clientes del área operaciones de una agencia bancaria en la ciudad de Trujillo,” Universidad Privada del Norte, 2020.
- [20] M. González and E. Sepulveda, “Aplicación de teoría de colas en los semáforos para mejorar la movilidad en la carrera 7 entre calles 15 y 20 de la ciudad de Pereira,” Universidad Tecnológica de Pereira, 2010.
- [21] H. L. Solano, J. A. Cabrera, and K. F. Lozano, “Distribuciones de probabilidad,” *Introd. a la estadística con Apl. en ciencias Soc.*, pp. 93–152, 2018, doi: 10.2307/j.ctvvn8xg.5.
- [22] G. P. Loor Alcívar, S. M. Rodríguez Merchán, O. B. Santos Vásquez, and B. J. Loor Alcívar, “Teoría de colas y optimización de proceso de atención al usuario,” *AlfaPublicaciones*, vol. 4, no. 3, pp. 22–38, 2022, doi: 10.33262/ap.v4i3.221.
- [23] F. Villarreal, M. Bernal, and D. Montenegro, “Teoría de colas y líneas de espera, un reto empresarial en el mejoramiento continuo de los servicios,” *Cienc. Lat. Rev. Científica*

*Multidiscip.*, vol. 5, no. 5, pp. 1–23, 2021, doi: 10.37811/cl\_rcm.v5i5.933.

- [24] M. Rebeca, “Aplicación de La Teoría De Colas en el área de despacho para mejora de la Satisfacción Del Cliente de la empresa TMG E.I.R.L,” 2017. [Online]. Available: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10303>
- [25] L. Torres, “Aplicación de la teoría de colas en una central de servicios asistenciales para minimizar el tiempo de espera de los clientes en línea,” *Sustain.*, vol. 14, no. 2, pp. 1–70, 2020, [Online]. Available: [http://www.unpcdc.org/media/15782/sustainable\\_procurement\\_practice.pdf](http://www.unpcdc.org/media/15782/sustainable_procurement_practice.pdf)  
<https://europa.eu/capacity4dev/unep/document/briefing-note-sustainable-public-procurement>  
<http://www.hpw.qld.gov.au/SiteCollectionDocuments/ProcurementGuideIntegratingSustainability.pdf>
- [26] J. Chanchavac, “Aplicación de teoría de colas para la mejora en el proceso de despacho de producto terminado en una industria avícola,” *Univ. San Carlos Guatemala*, vol. 4, pp. 1–151, 2012, [Online]. Available: <http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>
- [27] E. Reyes, “Emprendedor inteligente,” 2022. <https://www.emprendedorinteligente.com/definicion-de-proceso-segun-autores/>
- [28] A. Garcés, “Pulido de metales: fases del proceso | EONSI,” Fases del proceso para pulir metales.
- [29] B. Farfán, “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO, CENTRO UNIVERSITARIO UAEM ATLACOMULCO,” “INTERFAZ GRÁFICA DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DE UN SISTEMA MECÁNICO DE EJES COORDENADOS APLICADO EN EL PROCESO DE PULIDO ELECTROQUÍMICO.”
- [30] D. Mariño, “Procesos Industriales,” 2018.
- [31] J. Basantes, “FORMACIÓN TÉCNICA PARA LA INDUSTRIA,” Aplicaciones de la simulación de procesos industriales.

[32] M. Velázquez, “SIMULACION INGENIERIA INDUSTRIAL,” Para qué sirve la simulación ingeniería industrial.

## Anexo 1

En base a su experiencia indique cuanto materia prima se trabaja en una troqueladora en el lapso de 1h.

31 respuestas

