



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Mecánica Industrial

**EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA  
APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORÍA DE COLAS**

**Mario Raúl Chicas Cabrera**

Asesorado por el Ing. Edwin Josué Ixpatá Reyes

Guatemala, agosto de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA  
APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORÍA DE COLAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**MARIO RAÚL CHICAS CABRERA**  
ASESORADO POR EL ING. EDWIN IXPATA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORÍA DE COLAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial; con fecha 18 de marzo de 2010.



Mario Raúl Chicas Cabrera

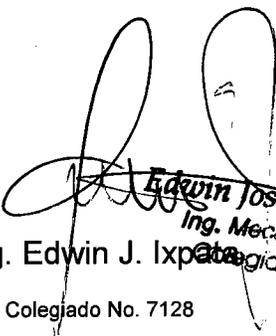
Ing. Cesar Ernesto Urquizú R.  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Su despacho

Respetable Director:

Atentamente me dirijo a usted, para informarle que ha sido concluido satisfactoriamente el trabajo de graduación "EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORIA DE COLAS". Elaborado por el estudiante Mario Raúl Chicas Cabrera, tema para el cual fui asignado como asesor.

Considero que se han cumplido las metas propuestas al inicio del trabajo y lo encuentro completamente satisfactorio, por lo que recomiendo la aprobación del mismo.

Sin otro particular, me suscribo de usted atentamente,

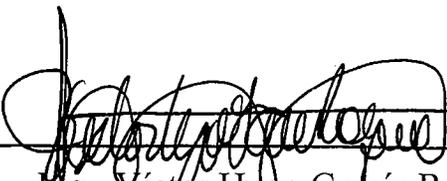
  
**Edwin Josué Ixpata Reyes**  
Ing. Mecánico Industrial  
Colegiado No. 7128  
Ing. Edwin J. Ixpata  
Colegiado No. 7128



REF.REV.EMI.007.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORÍA DE COLAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Raúl Chicas Cabrera**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Victor Hugo García Roque  
INGENIERO INDUSTRIAL  
Colegiado No. 5133  
Ing. Víctor Hugo García Roque  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, enero de 2011.

/mgp



REF.DIR.EMI.116.011

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORÍA DE COLAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Raúl Chicas Cabrera**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2011.

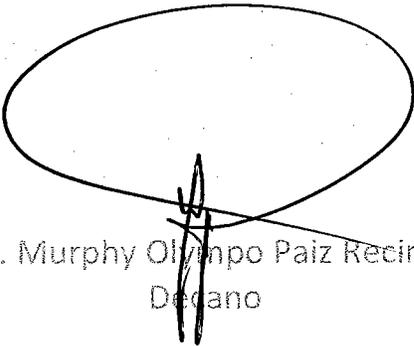
/mgp



DTG. 297.2011.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **EFICIENCIA EN LÍNEAS DE ETIQUETADO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN DE INGENIERÍA DE MÉTODOS Y TEORÍA DE COLAS**, presentado por el estudiante universitario **Mario Raúl Chicas Cabrera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 19 de agosto de 2011.



/gdech

## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Sea la honra y la gloria sobre toda victoria. Porque Él es el dador de la vida y de todo sobre la tierra.
- Mis padres** Por su apoyo infinito e incondicional desde el inicio de este camino y que llega hoy al final.
- Mi esposa e hijo** Por su amor incondicional y por motivarme a seguir adelante y nunca darme por vencido.
- Mis hermanos** Para que sigan mi ejemplo y siempre luchen y se esfuercen por lo que desean.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Estructura básica de los modelos de colas	1
1.1.1. Proceso básico de colas	2
1.1.2. Fuente de entrada	2
1.1.3. Cola	3
1.1.4. Disciplina de la cola	4
1.1.5. Mecanismos de servicio	4
1.2. Funciones de las distribuciones de Poisson y exponencial	6
1.2.1. Condiciones de análisis	6
1.2.2. Proceso de Poisson	7
1.2.3. Distribución exponencial	8
1.3. Definición del proceso de llegada y salida del producto	11
1.4. Modelos de colas basados en el proceso de llegadas y salidas de productos	17
1.4.1. Modelo de distribución exponencial M/M/S	18

1.4.1.1.	Análisis para el caso de dos servidores (M/M/2)	18
1.4.2.	Variación de cola finita al modelo de distribución exponencial con dos servidores	19
1.4.2.1.	Análisis para el caso de dos servidores (M/M/2/k)	20
1.4.3.	Variación de fuente finita al modelo (M/M/s)	21
1.4.3.1.	Análisis para el caso de dos servidores (M/M/2)	21
1.4.4.	Modelo con tasas de servicio y /o tasas de llegadas dependientes del estado del sistema	22
1.4.4.1.	Análisis para el caso de dos servidores (s = 2)	23
1.5.	Estudio de tiempos y movimientos	24
1.5.1.	Capacidad de producción	25
1.5.2.	Tiempos estándares	26
1.5.3.	Tiempos de proceso	28
1.5.4.	Eficiencia de producción	28
1.5.5.	Nivel de producción	29
1.5.6.	Nivel de reorden	30
1.6.	Balance de líneas	31
1.6.1.	Líneas de producción	32
1.6.2.	Control de la producción	33
1.6.3.	Distribución de una línea	34
1.6.4.	Métodos de balanceo de líneas	36
1.7.	Administración de sueldos y salarios	37
1.7.1.	Salario	37
1.7.2.	Mano de obra	37
1.7.2.1.	Formas de pago	38

1.7.2.2.	Tipos de mano de obra	39
1.7.3.	Prestaciones laborales	40
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DE LA EMPRESA Y EL SISTEMA ACTUAL	41
2.1.	Características actuales del sistema de colas	41
2.1.1.	proceso actual de etiquetado	41
2.1.2.	Ingreso de productos al proceso	49
2.1.3.	Proceso de etiquetado	50
2.1.3.1.	Proceso de llegada	50
2.1.3.2.	Proceso en cola	51
2.1.3.3.	Proceso de salida	52
2.1.4.	Proceso de ofertado de artículos	53
2.1.4.1.	Proceso de llegada	54
2.1.4.2.	Proceso en cola	55
2.1.4.3.	Proceso de salida	55
2.1.5.	Traslado del producto al área de distribución	56
2.2.	Diagrama general de procesos	56
2.2.1.	Diagrama de flujo de proceso	57
2.2.2.	Diagrama de recorrido	58
3.	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE COLAS POR MEDIO DE MEDIDAS DE RENDIMIENTO	59
3.1.	Estado óptimo	59
3.1.1.	Medición del tiempo promedio que espera un artículo en cola	61
3.1.2.	Tiempo promedio que los productos están en el sistema	61
3.1.3.	Longitud media de la cola	61

3.1.4.	Promedio de productos en el sistema	62
3.1.5.	Promedio de productos en el sistema de colas	62
3.1.6.	Probabilidad de bloqueo	63
3.1.7.	Utilización	63
3.2.	Relación entre medidas de rendimiento	64
3.3.	Cálculo de las medidas de rendimiento	65
3.3.1.	Intensidad de tráfico de productos	67
3.4.	Estudio de tiempos y movimientos	68
3.4.1.	Tiempo estándar	69
3.4.1.1.	Diagrama de flujo de proceso	71
3.4.1.2.	Diagrama de recorrido	73
3.4.1.3.	Tiempo de proceso	74
3.4.2.	Balance de líneas	75
3.5.	Administración de sueldos y salarios	79
3.5.1.	Evaluación de los modelos de contratación de mano de obra	79
3.5.1.1.	Análisis de rentabilidad	81
4.	IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE PROCESO BASADO EN UN SISTEMA DE LLEGADAS Y SALIDAS	83
4.1.	Reestructuración del proceso	84
4.1.1.	Proceso de maquila	88
4.1.1.1.	Planificación de operaciones del departamento de etiquetado	89
4.1.1.2.	Diseño de planta para dos líneas de trabajo	91
4.1.2.	Rendimiento de proceso	93
4.1.3.	Capacidad de proceso	94
4.1.4.	Tiempo de funcionamiento de proceso	95

5.	SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE COLAS.	97
5.1.	Control de planificación	97
5.1.1.	Seguimiento del tiempo de permanencia del producto en el área de distribución	100
5.2.	Sistemas de control por medio de gráficos de producción	100
5.2.1.	Diagramas de Pareto	100
5.3.	Cuadro de cumplimiento de entregas por reproceso	102
6.	IMPACTO AMBIENTAL	105
6.1.	Contaminantes	106
6.1.1.	Material reciclable	107
6.1.1.1.	Plásticos	109
6.1.1.2.	Cartón y papel	110
6.1.2.	Desechos inorgánicos	111
6.1.3.	Efectos de la contaminación ambiental	111
6.2.	Medidas de mitigación	113
6.2.1.	Reciclaje	113
6.2.1.1.	Cadena de reciclado	114
6.2.1.2.	Consecuencias	115
6.2.2.	Tratamiento de desechos inorgánicos	116
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA	121

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Estructura básica de los modelos de colas	2
2.	Sistema de colas	4
3.	Mecanismos de servicio	5
4.	Llegadas de Poisson	8
5.	Función de densidad de probabilidad para distribución exponencial	9
6.	Diagrama de tasas para el proceso de llegadas y salidas del sistema de colas	12
7.	Ecuaciones de balance para el proceso de entrada y salida de productos	15
8.	Etiqueta de producto	41
9.	Etiquetado de producto	42
10.	Máquina para hacer etiqueta	43
11.	Descarga de producto del muelle de almacenaje	43
12.	Producto en cola de proceso	44
13.	Abastecimiento de línea de producción	44
14.	Proceso de etiquetado	45
15.	Producto terminado y en espera de almacenaje	45
16.	Almacenaje de producto en módulos de despacho	46
17.	Traslado de producto al área de etiquetado	49
18.	Etiquetas	50
19.	Proceso de ingreso de mercadería al área de etiqueta	51
20.	Módulos de almacenaje	52

21.	Pantalla de transferencia de datos en el sistema	53
22.	Ejemplo de artículo ofertado	53
23.	Producto antes de ser atado en oferta	54
24.	Producto después de ser atado para oferta	55
25.	Nivel de reorden o de reabastecimiento	59
26.	Medidas de rendimiento para situación actual y propuesta	60
27.	Diseño de planta para una misma operación	91
28.	Diseño de planta para diferentes operaciones	92
29.	Rendimiento de 1 línea vrs capacidad de producción	94
30.	Rendimiento de 2 líneas vrs capacidad de producción	95
31.	Diagrama de Pareto	101
32.	Reciclaje como medida de mitigación	111
33.	Desperdicio de cartón debido al re empaque de productos	113

## **TABLAS**

I.	Clasificación de tipos de etiqueta	48
II.	Resultado de medidas de rendimiento	67
III.	Ejemplo de tabla de medición de tiempos	68
IV.	Medición de tiempos para cálculo de tiempo estándar	69
V.	Rotación y tiempos ponderados de proceso	74
VI.	Tabla resumen de tiempos	75
VII.	Tiempos estándar por operario	75
VIII.	Balance de líneas	76
IX.	Tabla resumen de balance de línea	78
X.	Análisis económico, para una línea de producción	79
XI.	Análisis económico, para dos líneas de producción	80
XII.	Análisis de rentabilidad para una y dos líneas de producción	81
XIII.	Ejemplo de planificación semanal	89

XIV.	Ejemplo de planificación mensual	90
XV.	Rendimiento de 1 línea vrs producción	93
XVI.	Rendimiento de 2 líneas vrs producción	94
XVII.	Planificación mensual	98
XVIII.	Clasificación de procesos	99
XIX.	Cumplimiento de entregas de proceso	103



## LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
$\alpha$	Alpha
$\Delta$	Delta
$D$	Demora
$e$	Exponencial
$\infty$	Infinito
$\lambda$	Lamda
$\lim$	Limite
$\mu$	Mú
$\circ$	Operación
$\Rightarrow$	Transporte



## GLOSARIO

<b>Corte</b>	Número de unidades que conforman un contrato, donde el cliente los clasifica de esta manera para su mejor control de producción.
<b>Estado estable</b>	Estado donde el sistema llega a una condición en que el efecto de la falta inicial de productos, ha sido eliminado y el tiempo de espera de cada producto ha alcanzado un nivel bastante estable.
<b>L</b>	Medición del promedio de productos en un sistema de colas.
<b>Lamda (<math>\lambda</math>)</b>	Número de llegadas promedio por unidad de tiempo.
<b>Lq</b>	Longitud media de la cola.
<b>Mú</b>	( $\mu$ ) Número promedio de productos atendidos por unidad de tiempo en una estación.
<b>P1</b>	Probabilidad de que un producto que llega tenga que esperar.
<b>Pn</b>	Probabilidad de que haya “n” productos en el sistema.

<b>Po</b>	Probabilidad de que no haya productos en el sistema.
<b>pw</b>	Probabilidad de bloqueo.
<b>W</b>	Medición del tiempo promedio que un producto está en el sistema.

## RESUMEN

El análisis estadístico y matemático inicia con una serie de términos y conceptos teóricos y técnicos de un sistema de líneas de espera, sigue con un diagnóstico del área de etiquetado donde se identifica el proceso realizado, la recepción del producto y la distribución del mismo hacia las áreas almacenaje. Finalmente, se diagrama el flujo de operaciones y el tráfico de productos en el área de distribución.

Al analizar el sistema de colas del área se requiere medidas de rendimiento; se mide el tiempo promedio que espera un producto en cola, longitud media de la cola, número promedio de productos en un sistema de colas, además del cálculo de la intensidad de tráfico de productos; también se evalúa a través de técnicas de ingeniería de métodos, como lo son balance de líneas, estudio de tiempos y movimientos y administración de sueldos y salarios.

Se realiza, además, el estudio de un modelo de colas basado en el proceso de llegadas y salidas de los productos hacia los módulos de almacenaje, tomando en cuenta el comportamiento que deberían seguir los productos en dicho estudio, respecto a las distintas variaciones, tanto de probabilidad como del número esperado de productos en el sistema además de los respectivos factores de utilización.

Por último, realiza un estudio de impacto económico en las actividades que se han modificado con un método propuesto, así mismo, se describe el seguimiento del sistema de colas en busca de resultados satisfactorios tomando en cuenta el control de la producción por medio de una planificación, se elaboran diagramas de Pareto para identificar las causas de los diferentes problemas que se detectan en el área, así como un informe del cumplimiento de entregas para una mejor fluidez de productos en el tiempo esperado y darle la mejor satisfacción al cliente.

# OBJETIVOS

## General

Elaborar una propuesta de mejoramiento del proceso utilizando técnicas de ingeniería de métodos y líneas de espera con el fin de obtener una producción eficiente.

## Específicos

1. Desarrollar y analizar los diagramas de flujo y proceso, con el fin de visualizar la situación actual del proceso.
2. Analizar el tiempo promedio de espera en cola para ser procesado.
3. Calcular la fracción de tiempo que ocupa el sistema en procesar un artículo.
4. Identificar el número promedio y máximo de artículos que esperan en fila.
5. Obtener el nivel óptimo de capacidad del sistema para su proceso.
6. Brindar un esquema del sistema de colas basado en un proceso de llegadas y salidas de productos.
7. Establecer las herramientas y métodos necesarios para implementar un nuevo sistema de operación, que permita cumplir con las necesidades de producción.



## INTRODUCCIÓN

Las colas (líneas de espera) son parte de la vida diaria. Todos esperamos en colas para comprar un boleto para el cine, hacer un depósito en el banco, pagar en el supermercado, enviar un paquete por correo, subir a un juego en la feria, etc. Nos hemos acostumbrado a esperas largas, pero todavía nos molesta cuando lo son demasiado.

La teoría de colas es el estudio de la espera en las distintas modalidades. Usa los modelos de colas para representar los tipos de sistemas de líneas de espera (sistemas que involucran colas de algún tipo) que surgen en la práctica. Las fórmulas para cada modelo indican cuál debe ser el desempeño del sistema correspondiente y señalan la cantidad promedio de espera que ocurrirá, en una gama de circunstancias

La teoría de colas generalmente es considerada una rama de investigación operativa porque sus resultados a menudo son aplicables en una amplia variedad de situaciones como: negocios, comercio, industria, ingenierías, transporte y telecomunicaciones.

Por lo tanto, estos modelos de líneas de espera son muy útiles para determinar cómo operar un sistema de colas de la manera más efectiva. Proporcionar demasiada capacidad de servicios para operar el sistema implica costos excesivos; pero al no contar con suficiente capacidad de servicio la espera aumenta con todas sus desafortunadas consecuencias. Los modelos permiten encontrar un balance adecuado entre el costo de servicio y la cantidad de espera.

# 1. MARCO TEÓRICO

Se entiende por teoría de colas el estudio de las líneas de espera que se producen cuando llegan clientes o productos demandando un servicio, esperando si no se les puede atender inmediatamente y partiendo cuando ya han sido servidos.

El fenómeno de la espera es el resultado directo de la aleatoriedad en la operación de instalaciones de servicio, la llegada del cliente y su tiempo de servicio no se conocen anticipadamente; pero por otra parte, la operación de la instalación se podría programar en forma tal que eliminaría la espera por completo.

A menudo se presentan situaciones de decisión en las que unidades que llegan a recibir servicio deben esperar antes de que puedan obtenerlo, de esta manera se conocerán las leyes que gobiernan las llegadas, los tiempos de servicio y el orden en el que las unidades que llegan se atienden, entonces la naturaleza de esta situación de espera puede estudiarse matemáticamente.

## 1.1. Estructura básica de los modelos de colas

La estructura básica de un modelo de colas consiste en un elemento de entrada, un proceso de transformación o modificación y un elemento de salida.

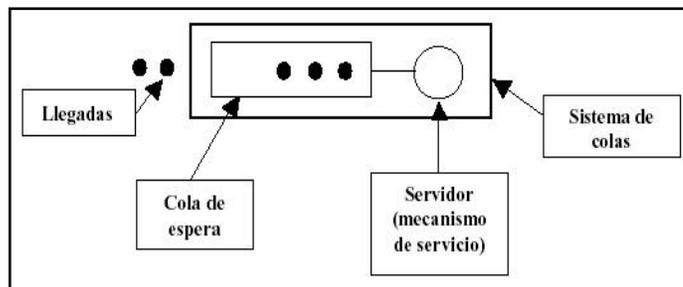
Las características de un elemento de entrada es que debe constar con una cantidad o volumen determinado y un tiempo o flujo de llegada.

De igual manera los elementos de salida deben constar con un tiempo de salida de proceso en un volumen determinado en función a la unidad de tiempo que se esté midiendo.

### 1.1.1. Proceso básico de colas

Este proceso que siguen la mayor parte de los modelos de colas es el siguiente: los clientes que requieren un servicio inician el proceso en una fuente de entrada. Estos clientes entran al sistema y se unen a una cola. En determinado momento se selecciona un miembro de la cola, para proporcionar el servicio, mediante alguna regla conocida como disciplina de servicio, luego, se lleva a cabo el servicio requerido por el cliente en un mecanismo de servicio, después de lo cual el cliente sale del sistema.

Figura 1. Estructura básica de los modelos de colas



Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.2

### 1.1.2. Fuente de entrada

La característica de la fuente de entrada es su tamaño, dicho tamaño es identificado como el conjunto de todos los clientes posibles de un sistema de colas. Dicha población a partir de la cual surgen las unidades que llegan se conoce como población de entrada.

El tamaño puede suponerse que es finito y que la fuente de entrada es limitada o infinita y que la fuente de entrada es ilimitada.

Para el caso infinito los cálculos son mucho más sencillos, esto supone que aun cuando el tamaño real sea un número fijo relativamente grande, se deberá tomar una suposición implícita en cualquier modelo que no establezca otra cosa.

Para el caso finito es más difícil analíticamente pues el número de usuarios en la cola afecta el número potencial de clientes fuera del sistema en cualquier tiempo. Se debe especificar el patrón estadístico mediante el cual se generan las llegadas a través del tiempo. Normalmente, se supone que se generan de acuerdo a un proceso Poisson.

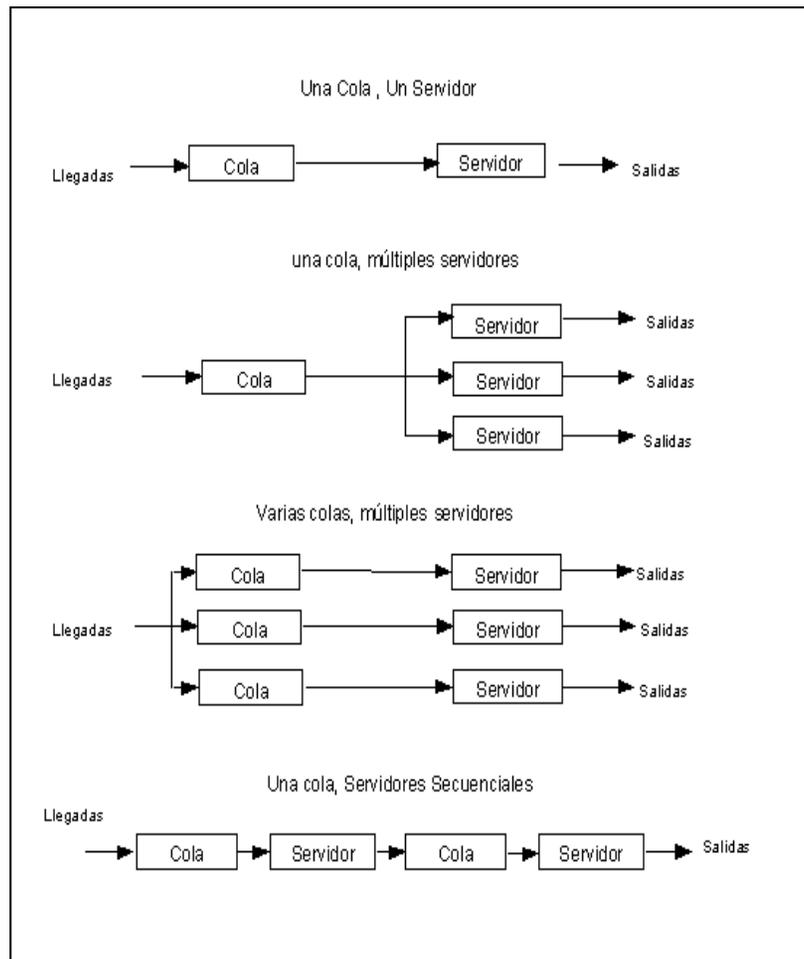
### **1.1.3. Cola**

Una cola se caracteriza por el número máximo permisible de clientes que puede admitir. Las colas pueden ser finitas o infinitas, según si este número es finito o infinito. La suposición de una cola infinita es la estándar para la mayor parte de los modelos, incluso en situaciones en las que de hecho existe una cota superior (relativamente grande) sobre el número permitido de clientes, ya que manejar una cota así puede ser un factor complicado para el análisis. Los sistemas de colas en los que la cota superior es tan pequeña que se llegan a ella con cierta frecuencia, necesitan suponer una cola finita.



El tiempo que transcurre desde el inicio del servicio para un cliente hasta su terminación en una instalación se llama tiempo de servicio (o duración del servicio) Un modelo de un sistema de colas determinado debe especificar la distribución de probabilidad de los tiempos de servicio para cada servidor, y posiblemente para los distintos tipos de clientes, aunque es común suponer la misma distribución para todos los servidores.

Figura 3. **Mecanismos de servicio**



Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.4

## 1.2. Funciones de las distribuciones de Poisson y exponencial

### 1.2.1. Condiciones de análisis

Para las situaciones de espera en la cual el número de llegadas y salidas de clientes o productos, durante un intervalo de tiempo es controlado por las condiciones siguientes:

Condición 1: la probabilidad de que un evento (llegada o salida) ocurra entre los tiempos  $t$  y  $t + h$  depende únicamente de la longitud de  $h$ , lo que significa que la probabilidad no depende ni del número de eventos que ocurren hasta el tiempo  $t$  ni del valor específico del período  $(0, t)$  (Matemáticamente, la función de probabilidad tiene incrementos independientes estacionarios).

Donde

$t$  = tiempo de llegada o servicio

$h$  = diferencia entre el tiempo de llegada o servicio del primer cliente y la llegada o servicio del segundo cliente

Condición 2: la probabilidad de que ocurra un evento durante un intervalo de tiempo muy pequeño  $h$  es positiva, pero menor que 1.

Condición 3: cuando mucho puede ocurrir un evento durante un intervalo de tiempo muy pequeño  $h$ .

En dicho análisis se deduce que las tres condiciones dadas describen un proceso donde el conteo de eventos durante un lapso sigue la distribución de Poisson y que equivalentemente, el intervalo en tiempo entre eventos sucesivos es exponencial. Para dicho proceso se dice que las condiciones representan un Proceso de Poisson.

$P_n(t)$  = probabilidad de que ocurran  $n$  eventos durante el tiempo  $t$

Entonces, por la condición de 1, la probabilidad de que no ocurra ningún evento durante el tiempo  $t + h$  es

$$P_0(t + h) = p_0(t) p_0(h)$$

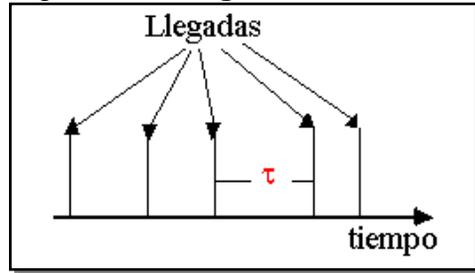
Para  $h > 0$  y suficientemente pequeña, la condición 2 indica que  $0 < p_0(h) < 1$ . Con estas condiciones la ecuación anterior tiene la siguiente solución

$$P_0(t) = e^{-\alpha t}, t \geq 0 \quad \alpha = \text{constante positiva}$$

### **1.2.2. Proceso de Poisson**

Este proceso supone que el número de clientes que llegan hasta un tiempo específico tiene una distribución Poisson, en el cual aquellas llegadas al sistema ocurren aleatoriamente pero con cierta tasa media fija y sin importar cuántos clientes o productos están en el sistema.

Figura 4. Llegadas de Poisson



Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.8

### 1.2.3. Distribución exponencial

La distribución de probabilidad más importante en la teoría de colas es la distribución exponencial. Supóngase que una variable aleatoria  $T$  representa ya sea los tiempos entre llegadas o los tiempos de servicio, haciéndose referencia a los eventos que marcan el final de estos tiempos, de llegadas o terminación de un servicio, como eventos.

Se dice que esta variable aleatoria tiene una distribución exponencial con parámetro  $\alpha$  si su función de densidad de probabilidad es

$$f_T(t) = \begin{cases} \alpha e^{-\alpha t} & \text{para } t \geq 0, \\ 0 & \text{para } t < 0, \end{cases}$$

Las probabilidades acumuladas son

$$P\{T \leq t\} = 1 - e^{-\alpha t}$$

( $t \geq 0$ ),

$$P\{T > t\} = e^{-\alpha t}$$

Y el valor esperado y la varianza de T son

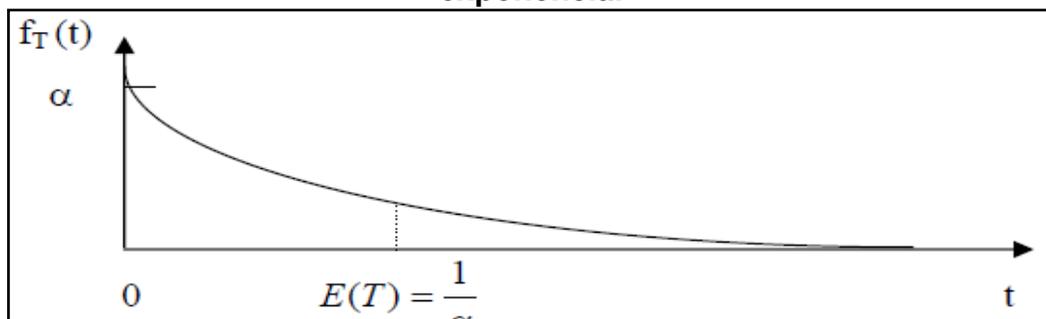
$$E(T) = \frac{1}{\alpha},$$

$$\text{var}(T) = \frac{1}{\alpha^2}$$

Además de que una de las implicaciones para el modelo de colas al suponer que T tiene una distribución exponencial, se analizan las siguientes propiedades de la distribución exponencial.

Para cualesquiera valores estrictamente positivos de  $\Delta t$  y  $t$ . Esta es una consecuencia del hecho de que estas probabilidades son el área bajo la curva de  $f_T(t)$  en el intervalo indicado de longitud  $\Delta t$ , y la altura promedio de la curva es menor para la segunda probabilidad que para la primera.

Figura 5. **Función de densidad de probabilidad para distribución exponencial**



Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.8

Existe una relación con la distribución de Poisson donde el tiempo entre dos ocurrencias consecutivas de un tipo específico de evento, o sea, llegadas o terminación de servicio por un servidor siempre ocupado, mantendrá una distribución exponencial con parámetro " $\alpha$ ". Esta propiedad se relaciona con la implicación resultante sobre la probabilidad del número de veces que ocurre este evento en un período dado.

Particularmente, sea  $X(t)$  el número de ocurrencias en el tiempo  $t(t \geq 0)$ , en donde el tiempo 0 es el instante en el que comienza la cuenta. La implicación se deduce de la siguiente manera

$$P\{X(t) = n\} = \frac{(\alpha t)^n e^{-\alpha t}}{n!}, \quad \text{Para } n = 0, 1, 2, \dots$$

Que quiere decir,  $X(t)$  tiene una distribución Poisson con parámetro  $\alpha t$ . Por ejemplo, para  $n = 0$ ,

$$P\{X(t) = 0\} = e^{-\alpha t},$$

Que es la probabilidad obtenida a partir de la distribución exponencial para que ocurra el primer evento después de un tiempo  $t$ . La media de la distribución Poisson es

$$E\{X(t)\} = \alpha t,$$

Donde el número esperado de eventos por unidad de tiempo es " $\alpha$ ". De esto se dice que  $\alpha$  es la tasa media a la que ocurren los eventos. Cuando se cuentan los eventos de manera continua, se dice que el proceso de conteo  $\{X(t); t \geq 0\}$  es un proceso Poisson con parámetro  $\alpha$  (tasa media).

Para la terminación de un servicio es útil esta propiedad, cuando los tiempos de servicio tienen una distribución exponencial con parámetro  $\mu$ , dicha información es obtenida definiendo  $X(t)$  como el número de servicios completos logrados por un servidor siempre ocupado en un tiempo transcurrido  $t$ , donde  $\alpha = \mu$ .

Además de ser útil para describir el comportamiento probabilístico de las llegadas cuando los tiempos entre llegadas siguen una distribución exponencial con parámetro  $\lambda$ .

Entonces  $X(t)$  sería el número de llegadas en un tiempo transcurrido  $t$ , en donde  $\alpha = \lambda$  es la tasa media de llegadas, donde las llegadas ocurren de acuerdo a un proceso de entrada Poisson con parámetro  $\lambda$ .

### **1.3. Definición del proceso de llegada y salida del producto**

En el proceso de llegada y salida de los distintos modelos de colas se suponen que las entradas o llegadas de productos, y las salidas o servicios de productos que se van del sistema ocurren de acuerdo al proceso de nacimiento y muerte.

En este proceso de teoría de probabilidad se tienen aplicaciones en varias áreas, en las cuales en el análisis de colas el término nacimiento se refiere a la llegada de un nuevo producto al sistema y el término muerte se refiere a la salida del producto servido. El estado del sistema en el tiempo  $t(t \geq 0)$ , denotado por  $N(t)$ , el cual es el número de productos que hay en el sistema de colas en el tiempo  $t$ .

El proceso de llegada y salida describe en términos probabilístico cómo cambia  $N(t)$  al aumentar  $t$ . Generalizado esto, se dice que las llegadas y salidas individuales ocurren aleatoriamente, en el cual las tasas medias de ocurrencia dependen del estado actual del sistema. Con esto se hacen las siguientes suposiciones del proceso de llegadas y salidas:

Suposición 1. Dado  $N(t)=n$ , la distribución de probabilidad actual del tiempo que falta para la próxima llegada (nacimiento) es exponencial con parámetro  $\lambda_n$ , ( $n= 0,1, 2,\dots$ ).

Suposición 2. Dado  $N(t)=n$ , la distribución de probabilidad actual del tiempo que falta para la próxima salida (muerte) es exponencial con parámetro  $\mu_n$ , ( $n = 0,1, 2,\dots$ ).

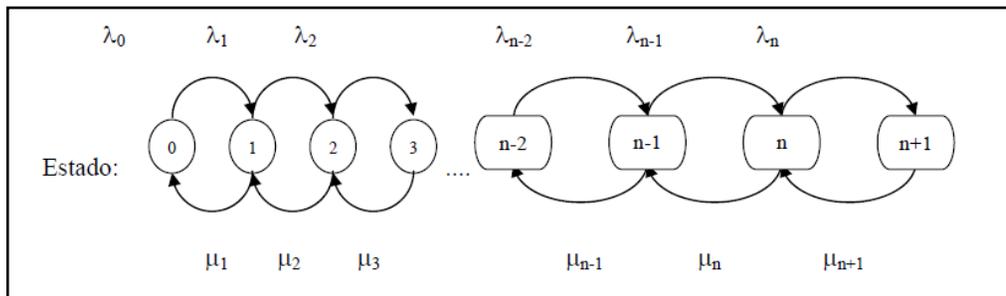
Suposición 3. La variable aleatoria de la suposición 1 (el tiempo que falta hasta la próxima llegada) y la variable aleatoria de la suposición 2 (el tiempo que falta hasta la próxima salida) es mutuamente independiente. La siguiente transición en el estado del proceso es

$$n \rightarrow n + 1 \text{ (una sola llegada)}$$

$$n \rightarrow n - 1 \text{ (una sola salida)}$$

Dependiendo de cuál de las dos variables es menor.

Figura 6. **Diagrama de tasas para el proceso de llegadas y salidas del sistema de colas**



Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.11

En el diagrama de tasas para el modelo  $M/M/s$  las flechas del diagrama muestran las únicas transiciones posibles en el estado del sistema tal y como

se especifica en la suposición 3, y el elemento junto a cada flecha representa la tasa media para esa transición como se especifica en la suposición 1 y 2, cuando el sistema se encuentra en el estado que hay en la base de la flecha, con excepción de algunos casos cuando el proceso de llegada y salida es complicado, cuando el sistema se encuentra en condición transitoria.

Al considerar cualquier estado  $n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) del sistema. Se supone que en el tiempo 0 se inicia el conteo del número de veces que el sistema entra a este estado y el número de veces que sale de él, como se denota enseguida:

$E_n(t)$  = número de veces que el proceso entra al estado  $n$  hasta el tiempo  $t$

$L_n(t)$  = número de veces que el proceso sale del estado  $n$  hasta el tiempo  $t$

Como los dos tipos de eventos (entrar y salir) deben alternarse, estos dos números serán iguales o diferentes en sólo 1; es decir,

$$| E_n(t) - L_n(t) | \leq 1$$

Dividiendo ambos lados por  $t$  y después haciendo que  $t \rightarrow \infty$  se obtiene

$$\left| \frac{E_n(t)}{t} - \frac{L_n(t)}{t} \right| \leq \frac{1}{t}, \quad \text{así} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} \left| \frac{E_n(t)}{t} - \frac{L_n(t)}{t} \right| = 0$$

Al dividir  $E_n(t)$  y  $L_n(t)$  por  $t$  se obtiene la tasa real, o sea, el número de eventos por unidad de tiempo, a la que ocurren estos dos tipos de eventos, y haciendo  $t \rightarrow \infty$  se obtiene entonces la tasa media, o sea, el número esperado de eventos por unidad de tiempo.

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{E_n(t)}{t} = \text{tasa media a la que el proceso entra al estado } n$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_n(t)}{t} = \text{tasa media a la que el proceso sale del estado } n$$

Principio de tasa de entrada = tasa de salida

Para un estado  $n$  ( $n = 0, 1, 2, \dots$ ) del sistema se deriva la siguiente ecuación: tasa media de entrada = tasa media de salida.

La anterior ecuación del principio de tasas se llama ecuación de balance para el estado  $n$ . Después de construir las ecuaciones de balance para todos los estados en función de las probabilidades  $P_n$  desconocidas, se puede resolver este sistema de ecuaciones. Una manera de ilustrar una ecuación de balance es considerar el estado 0, donde el proceso entra a este estado sólo desde el estado 1, de esta manera la probabilidad de estado estable de encontrarse en el estado 1 ( $P_1$ ) representa la proporción de tiempo que es posible que el proceso entre al estado 0, dada las circunstancias que el proceso se encuentra en el estado 1, la tasa media de entrada al estado es  $\mu_1 P_1$ , dicho en otras palabras, para cada unidad acumulada de tiempo que el proceso pasa en el estado 1, el número esperado de veces que lo dejaría para entrar al estado 0 es  $\mu_1 P_1$ . Viéndolo desde cualquier otro estado, esta tasa media es 0.

Por lo tanto, la tasa media global a la que el proceso deja su estado actual para entrar al estado 0 (la tasa media de entrada) es:

$$\mu_1 P_1 + 0(1 - P_1) = \mu_1 P_1$$

Figura 7. Ecuaciones de balance para el proceso de entrada y salida de productos

Estado	Tasa de entrada = Tasa de salida
0	$\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0$
1	$\lambda_0 P_0 + \mu_2 P_2 = (\lambda_1 + \mu_1) P_1$
2	$\lambda_1 P_1 + \mu_3 P_3 = (\lambda_2 + \mu_2) P_2$
.	.
.	.
.	.
n-1	$\lambda_{n-2} P_{n-2} + \mu_n P_n = (\lambda_{n-1} + \mu_{n-1}) P_{n-1}$
n.	$\lambda_{n-1} P_{n-1} + \mu_{n+1} P_{n+1} = (\lambda_n + \mu_n) P_n$
.	.
.	.
.	.

Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.14

De este formulario se puede decir que la tasa media de salida debe ser  $\lambda_0 P_0$ , de manera que la ecuación de balance para el estado 0 es:

$$\mu_1 P_1 = \lambda_0 P_0$$

Existen dos transiciones posibles para los demás estados, hacia dentro y hacia fuera del estado. Cada lado de las ecuaciones de balance para estos estados representa la suma de las tasas medias para las dos transiciones incluidas.

De la anterior tabla de ecuaciones de balance, la primera ecuación de balance contiene dos variables  $P_0$  y  $P_1$ , las primeras dos ecuaciones contienen tres variables  $P_0$ ,  $P_1$  y  $P_2$ , y así sucesivamente; de manera que siempre se tiene una variable adicional. El procedimiento para resolver estas ecuaciones es despejar todas las variables en función de una de ellas, entre

las cuales la más conveniente es P0. La primera ecuación se usa para despejar P1 en función de P0; Después se usa este resultado y la segunda ecuación para obtener P2 en función de P0, etc.

Al final el requisito de que la suma de todas las probabilidades debe ser igual a 1 se puede usar para evaluar P0. al aplicar este procedimiento se obtienen los resultados siguientes:

Estado	
0:	$P_1 = \frac{\lambda_0}{\mu_1} P_0$
1:	$P_2 = \frac{\lambda_1}{\mu_2} P_1 + \frac{1}{\mu_2} (\mu_1 P_1 - \lambda_0 P_0) = \frac{\lambda_1}{\mu_2} P_1 = \frac{\lambda_1 \lambda_0}{\mu_2 \mu_1} P_0$
2:	$P_3 = \frac{\lambda_2}{\mu_3} P_2 + \frac{1}{\mu_3} (\mu_2 P_2 - \lambda_1 P_1) = \frac{\lambda_2}{\mu_3} P_2 = \frac{\lambda_2 \lambda_1 \lambda_0}{\mu_3 \mu_2 \mu_1} P_0$
:	:
:	:
n-1:	$P_n = \frac{\lambda_{n-1}}{\mu_n} P_{n-1} + \frac{1}{\mu_n} (\mu_{n-1} P_{n-1} - \lambda_{n-2} P_{n-2}) = \frac{\lambda_{n-1}}{\mu_n} P_{n-1} = \frac{\lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \dots \lambda_0}{\mu_n \mu_{n-1} \dots \mu_1} P_0$
n:	$P_{n+1} = \frac{\lambda_n}{\mu_{n+1}} P_n + \frac{1}{\mu_{n+1}} (\mu_n P_n - \lambda_{n-1} P_{n-1}) = \frac{\lambda_n}{\mu_{n+1}} P_n = \frac{\lambda_n \lambda_{n-1} \dots \lambda_0}{\mu_{n+1} \mu_n \dots \mu_1} P_0$
:	:
:	:

La formulación anterior se simplifica de la siguiente notación:

$$C_n = \frac{\lambda_{n-1} \lambda_{n-2} \dots \lambda_0}{\mu_n \mu_{n-1} \dots \mu_1}, \quad \text{para } n = 1, 2, \dots,$$

Luego se define  $C_n = 1$  para  $n = 0$ , quedan las probabilidades de estado estables de la siguiente manera:

$$P_n = C_n P_0, \quad \text{para } n = 1, 2, \dots,$$

El requisito 1

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$$

Implica que  $1, 0$

$$\left( \sum_{n=0}^{\infty} C_n \right) P_0 = 1,$$

Así,

$$P_0 = \left( \sum_{n=0}^{\infty} C_n \right)^{-1}$$

Dada esta información

$$L = \sum_{n=0}^{\infty} n P_n$$

Además, que el número de servidores  $s$  representa el número de productos que pueden estar en servicio (y no en cola) al mismo tiempo.

$$L_q = \sum_{n=s}^{\infty} (n - s) P_n$$

#### 1.4. Modelos de colas basados en el proceso de llegadas y salidas de productos

Para dichos modelos se puede asignar cualquier valor no negativo a cada una de las tasas medias  $\lambda_0, \lambda_1, \dots$  y  $\mu_1, \mu_2, \dots$ , del proceso de llegada y salida, se cuenta con una gran flexibilidad al modelar un sistema de colas. Los modelos que en teoría de colas más utilizados están basados directamente en el proceso de llegada y salida.

### **1.4.1. Modelo de distribución exponencial M/M/s**

Este modelo describe que todos los tiempos entre llegadas son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a una distribución exponencial, o sea, que el proceso de entrada en aquellas llegadas al sistema que ocurren aleatoriamente pero con cierta tasa media fija y sin importar cuántos clientes o productos están en el sistema; además, describe que todos los tiempos de servicio son independientes e idénticamente distribuidos de acuerdo a otra distribución exponencial y que el número de servidores es “s” (cualquier entero positivo), como consecuencia, este es un caso especial en el que para el proceso de llegada y salida la tasa media de llegadas ( $\lambda$ ) al sistema de colas y la tasa media de servicio por servidor ocupado ( $\mu$ ) son constantes e independientes del estado del sistema.

#### **1.4.1.1. Análisis para el caso de dos servidores (M/M/2)**

Cuando el sistema tiene varios servidores ( $s > 1$ ), no es tan sencillo expresar  $\mu_n$ . Ya que  $\mu_n$  representa la tasa media de servicio para el sistema de colas completo, es decir, la tasa media a la que ocurren las terminaciones de servicio y los clientes dejan el sistema, cuando hay “n” clientes en el sistema. Anteriormente, se menciona en la propiedad 4 de la distribución exponencial, que cuando la tasa media de servicio por servidor ocupado es  $\mu$ , la tasa media de servicio global para “n” servidores ocupados debe ser  $n\mu$ .

Entonces  $\mu_n = n\mu$  cuando  $n \leq s$ , mientras que  $\mu_n = s\mu$  cuando  $n \geq s$ , ya que los “s” servidores están ocupados.

### 1.4.2. Variación de cola finita al modelo de distribución exponencial con dos servidores

En situaciones los sistemas de colas tienen una cola finita; esto pasa cuando no se permite que el número de clientes en el sistema exceda un número específico denotado por  $K$ . Donde a cualquier cliente que llega cuando la cola está “llena” se le niega la entrada al sistema y este cliente lo deja para siempre.

Desde el punto de vista del proceso de llegada y salida, la tasa media de entrada al sistema se hace cero en ese momento. Por consiguiente, la única modificación necesaria en el modelo  $M/M/s$  para introducir una cola finita es cambiar los parámetros  $\lambda_n$  a:

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda & \text{para } n = 0, 1, 2, \dots, K - 1 \\ 0 & \text{para } n \geq K \end{cases}$$

Cuando  $\lambda_n = 0$  para algunos valores de  $n$ , un sistema de colas que se ajuste a este modelo alcanzará en algún momento la condición de estado estable.

A este modelo se le llama por lo general  $M/M/s/k$ , donde la presencia del cuarto símbolo lo distingue del modelo  $M/M/s$ . Lo que diferencia en la formulación de los dos modelos es que  $K$  es finito para el modelo  $M/M/s/k$  y  $K = \infty$  para el modelo  $M/M/s$ . Físicamente, la interpretación usual para el modelo  $M/M/s/k$  es que se cuenta con un espacio limitado de espera que admite un máximo de  $K$  clientes en el sistema.

### 1.4.1.1. Análisis para el caso de dos servidores (M/M/2/k)

Para el caso de dos servidores ( $s > 1$ ), este modelo no permite más de  $K$  clientes en el sistema,  $K$  es el número máximo de servidores que pueden tenerse. Al suponer que  $s \leq K$ , la constante  $C_n$  se expresa de la siguiente manera:

$$C_n = \begin{cases} \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} & \text{para } n = 0, 1, 2, \dots, s, \\ \frac{(\lambda / \mu)^s}{s!} \left( \frac{\lambda}{s\mu} \right)^{n-s} = \frac{(\lambda / \mu)^n}{s! s^{n-s}} & \text{para } n = s, s+1, \dots, K, \\ 0 & \text{para } n > K \end{cases}$$

La notación para la probabilidad de  $n$  queda así:

$$P_n = \begin{cases} \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} P_0 & \text{para } n = 0, 1, 2, \dots, s, \\ \frac{(\lambda / \mu)^n}{s!} & \text{para } n = s, s+1, \dots, K, \\ 0 & \text{para } n > K \end{cases}$$

Donde

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^s \frac{(\lambda / \mu)^n}{n!} + \frac{(\lambda / \mu)^s}{s!} \sum_{n=s+1}^K \left( \frac{\lambda}{s\mu} \right)^{n-s} \right]}$$

### 1.4.3. Variación de fuente finita al modelo (M/M/s)

La única diferencia entre la variación de fuente finita y el modelo M/M/s es que la fuente de entrada está limitada, lo que significa que el tamaño de la población potencial es finita. En este caso se denota N al tamaño de la población.

Cuando el número de productos en el sistema de colas es "n" ( n = 0, 1, 2,...,N ), existen sólo (N-n) clientes potenciales restantes en la fuente de entrada.

#### 1.4.1.1. Análisis para el caso de dos servidores (M/M/2)

En el caso de varios servidores (s > 1), para N ≥ s ≥ 1 la formulación es la siguiente:

$$C_n = \begin{cases} \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n & \text{para } n = 0, 1, 2, \dots, s, \\ \frac{N!}{(N-n)!s!s^{n-s}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n & \text{para } n = s, s+1, \dots, N, \\ 0 & \text{para } n > N \end{cases}$$

Entonces

$$P_n = \begin{cases} \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & \text{si } 0 \leq n \leq s, \\ \frac{N!}{(N-n)!s!s^{n-s}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 & \text{si } s \leq n \leq N, \\ 0 & \text{si } n > N, \end{cases}$$

En donde

$$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{N!}{(N-n)!n!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n + \sum_{n=s}^N \frac{N!}{(N-n)!s!s^{n-s}} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \right]}$$

Todos los miembros de una población potencial se encuentran alternativamente dentro y fuera del sistema de colas. Entonces, para el área de distribución se supone que el tiempo fuera de cada miembro, o sea, el tiempo que pasa desde que deja el sistema hasta que regresa, tiene una distribución exponencial con parámetro  $\mu$ . Cuando  $n$  miembros están dentro y,  $N-n$  miembros están fuera, la distribución de probabilidad actual del tiempo que falta para la próxima llegada al sistema es la distribución del mínimo de los tiempos restantes afuera para esos  $N-n$  miembros.

Cuando la tasa media de servicio máxima  $s\mu$  excede a la tasa media de llegadas  $\lambda$ , se muestra de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{\lambda}{s\mu} < 1,$$

Un sistema de colas alcanzará la condición de estado estable cuando se ajuste a este modelo.

#### **1.4.4. Modelo con tasas de servicio y /o tasas de llegadas dependientes del estado del sistema**

En este modelo se enfatiza en los sistemas de colas que frecuentemente no mantienen una tasa media de servicio constante, en especial cuando los servidores son personas. Cuando se tiene una gran cantidad de trabajo

atrasado, o sea, una cola larga, es muy probable que el servidor tienda a trabajar más rápido que cuando el trabajo por hacer es reducido o no existe.

Dicho aumento en la tasa de servicio puede ser el resultado del aumento en el esfuerzo que realiza el servidor cuando se encuentra bajo la presión de una larga cola, o ya sea que es resultado parcial de un compromiso en la calidad del servicio o de ayuda recibida en ciertas fases de servicio.

#### 1.4.1.1. Análisis para el caso de dos servidores ( s = 2 )

La formulación para el caso de varios servidores ( s > 1 ) se generaliza que  $\mu_n$  y  $\lambda_n$  variarán con el número de productos por servidor ( n / s ) esencialmente de la misma forma como varían utilizando un solo servidor y se denota de la siguiente manera:

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu_1 & \text{si } n \leq s \\ \left(\frac{n}{s}\right)^a s\mu_1 & \text{si } n \geq s \end{cases}$$

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda_0 & \text{si } n \leq s-1 \\ \left(\frac{s}{n+1}\right)^b \lambda_0 & \text{si } n \geq s-1 \end{cases}$$

Para el proceso de nacimiento de llegada y salida con estos parámetros se tiene que:

$$C_n = \begin{cases} \frac{(\lambda_0 / \mu_1)^n}{n!} & \text{para } n = 0, 1, 2, \dots, s \\ \frac{(\lambda_0 / \mu_1)^a}{s!(n!/s!)^c s^{(1-c)(n-s)}} & \text{para } n = s, s+1, \dots \end{cases}$$

En donde:

$n =$  número de productos en el sistema

$\mu_n =$  tasa media de servicio cuando hay “n” productos en el sistema

$1/\mu_1 =$  tiempo de servicio “normal” esperado: tiempo esperado para servir a un producto cuando es el único en el sistema

$c =$  coeficiente de presión, constante positiva que indica el grado en el que la tasa de servicio del sistema resulta afectada por el estado del sistema

### **1.5. Estudio de tiempos y movimientos**

La medición del trabajo humano siempre ha constituido un problema para la administración, ya que a menudo los planes para la provisión de bienes o servicios, de acuerdo con un programa confiable y un costo predeterminado, dependen de la exactitud con que se puede pronosticar y organizar la cantidad y tipo de trabajo humano implicado. Aunque la práctica común ha sido estimar y fijar objetivos basándose en la experiencia pasada, con demasiada frecuencia resultan ser una guía burda e insatisfactoria.

El estudio de tiempos y movimientos es definido como “la aplicación de técnicas diseñadas para determinar el tiempo en que un obrero calificado debe realizar determinada tarea a un nivel definido de rendimiento”.

Para fines de la medición del trabajo, se puede considerar al trabajo como repetitivo o no repetitivo. Al decir repetitivo se entiende el tipo de trabajo en el que la operación principal o grupo de operaciones se repite continuamente durante el tiempo dedicado a la tarea.

Esto se aplica por igual a los ciclos de trabajo de duración extremadamente corta.

En el trabajo no repetitivo se incluyen algunos tipos de trabajo de mantenimiento y de construcción, en los que el propio ciclo del trabajo casi nunca se repite de igual manera. Las técnicas que se usan en forma general, son las siguientes:

- a. Estudio de tiempos con Cronómetro
- b. Muestreo del Trabajo
- c. Sistemas del tiempo del movimiento Predeterminado o sistemas de normas de tiempo predeterminado (NTPD)

El estudio de tiempos es un técnica de medición de trabajo para registrar los tiempos y el ritmo de trabajo para los elementos de una tarea específica realizada bajo condiciones determinadas, y para analizar los datos y así determinar el tiempo necesario para desempeñar la tarea a un nivel definido de rendimiento.

### **1.5.1. Capacidad de producción**

La capacidad de producción se debe señalar en la unidad específica de venta o comercialización de la empresa: por tipo de productos, kilos, unidades, m<sup>3</sup>, etc., si se usan expresiones tales como sacos, latas, etc.; se debe señalar el peso y la cantidad de unidades (del sistema métrico decimal), a efectos de simplificar y homogeneizar la base de cálculo.

Se analiza la escala de producción o las razones aducidas para la elección del tamaño de la planta, la capacidad de producción instalada presente y a la que se llegará después de ejecutado el proyecto, considerada como la capacidad máxima de producción en condiciones óptimas reales de operación.

Además, se debe señalar el ritmo de su utilización gradual en el tiempo e indicar el número de turnos y días laborales por año, así como los supuestos y bases para el cálculo de la capacidad, como podría ser la mezcla de productos, sus especificaciones, y garantía de suministro de materia prima, etc.

Se evaluarán los siguientes aspectos:

- a. Capacidad instalada actual
- b. Capacidad instalada utilizada
- c. Capacidad del proyecto (incremental)
- d. Capacidad instalada consolidada (situación actual + proyecto)

### **1.5.2. Tiempo estándar**

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, y trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos.

Los tiempos elementales permitidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión. Por tanto, se tiene la expresión:

Donde:

$$T_A = (M_T) \cdot (C)$$

$T_A$  = Tiempo asignado

$M_T$  = Tiempo promedio transcurrido

$C$  = Factor de conversión

El tiempo elemental asignado es sólo el tiempo normal más un margen para considerar los retardos personales y los retrasos inevitables y la fatiga.

La suma de los tiempos elementales dará el estándar en minutos por pieza o en horas por pieza, dependiendo de si se emplea un cronómetro decimal de minutos o uno decimal de hora. La mayor parte de las operaciones industriales tienen ciclos relativamente cortos (de menos de cinco minutos); en consecuencia, por lo general es más conveniente expresar los estándares en función de horas por centenar de piezas. Por ejemplo, el estándar en una operación de prensado puede ser de 0.085 horas por cien piezas. Ésta es una forma de expresión del estándar más satisfactoria que decir 0.00085 h por pieza, o bien, 0.051 min por pieza. De manera que si un operario fabricó 10 000 piezas en un día de trabajo habría ganado 8.5 horas de producción, y laborando con una eficiencia de 106%. Esto se expresa como sigue:

$$E = (H_e/H_c) * 100$$

Donde:

E = Eficiencia

H<sub>e</sub> = Horas empleadas en el trabajo

H<sub>c</sub> = Horas estándar ganadas

Una vez calculado el tiempo asignado, se expide el estándar al operario en forma de una tarjeta de operación. La tarjeta puede reproducirse en una máquina Ditto, o usar cualquier otro proceso de copiado. Servirá como base para establecer o determinar rutas, programas, instrucción, nóminas, actuación del operario, costos, presupuestos y otros controles necesarios para la operación eficaz del negocio.

### **1.5.3. Tiempo de proceso**

La gestión de la producción cambia según el tipo de producto, el servicio que se desee dar al mercado y el modelo de proceso elegido para ese producto y ese servicio.

En cuanto al tipo de producto, hay dos procesos básicos.

- a. Los que producen bienes tangibles. Se conocen como fabricaciones
- b. Los que producen bienes intangibles. Se conocen como servicios

Todo proceso de producción ha de estar dispuesto a suministrar las cantidades de productos finales que se demandan en todo momento, ésa es su finalidad; para ello dispondremos de dos posibilidades: una, emplear los inventarios para mantener una capacidad de producción estable, de manera que cuando la demanda cae por debajo de la capacidad, se produce para el almacén, corresponde a las partes del ciclo indicadas con un signo «+» de la figura y al contrario, cuando la demanda de productos finales supera la capacidad, la parte no producida se toma del almacén, son las partes del ciclo indicadas con signo «-».

### **1.5.4. Eficiencia de producción**

Las relaciones entre los recursos asignados y el producto obtenido es el primer aspecto a analizar en la empresa agropecuaria, ya que éstas son las variables más directamente influenciadas por el productor.

Al analizar la eficiencia física o eficiencia de producción, el primer punto es determinar qué nivel ha alcanzado en este aspecto la actividad o la empresa en cuestión. La empresa utiliza insumos externos, que son comprados por decisión del empresario, y recursos propios que, como la tierra, condicionan con base en sus características, las alternativas de productos y procesos, y la estructura de la empresa.

La cantidad, tipo, intensidad e integración de los insumos a incorporar a la producción es una decisión empresarial, mientras que la dotación de recursos y la estructura actúan, en el corto plazo, como una restricción. En el aspecto económico, en general, los insumos para producir generan costos variables, mientras que la estructura se traduce en costos fijos. La posibilidad de “tercerización” (“*outsourcing*”) alude a la alternativa de integrar la empresa minimizando los costos fijos reemplazándolos por variables a partir de la contratación externa de servicios o el alquiler temporario de recursos.

#### **1.5.5. Nivel de producción**

El concepto nivel de producción se refiere a la magnitud de la producción cuando esta ha sido reducida a menos de su máxima capacidad productiva.

El nivel de actividad o volumen de producción es el grado de uso de la capacidad de producción. Se la suele medir como un porcentaje de uso de dicha capacidad. También se usan magnitudes absolutas, como unidades producidas, horas de servicio insumidas, cantidad de servicios realizados, etc.

Dentro de los límites de la capacidad productiva, una empresa puede variar el nivel de producción para ajustarse a las condiciones del mercado, podrá limitar su producción, utilizando menos espacio físico, reduciendo el

tiempo de operaciones, el número de unidades de trabajo, etc. con la finalidad de ajustarse a las condiciones del mercado.

El estudio de los niveles de actividad es fundamental para la gestión empresarial y más aún en aquellos casos en que existen grandes variaciones estacionales durante el año.

#### **1.5.6. Nivel de reorden**

Para determinar el punto de reorden, es necesario considerar el tiempo que transcurre antes de recibirse el inventario ordenado. Y es necesario hacer el pedido antes de que se agote el presente inventario, considerando el número de días necesarios para que el proveedor reciba y procese la solicitud, más el tiempo en que los artículos estarán en tránsito (plazo de entrega).

Se utiliza normalmente en empresas industriales. Suele consistir en la existencia de una señal (por ejemplo: papel, requisición colocada en casillero de existencias, sistema informático de gestión de *stocks*, etc.) al departamento de compras indicando que un cierto artículo ha llegado a un nivel en que debe hacerse de nuevo un pedido (punto de pedido).

Existen dos factores determinantes para calcular el punto de pedido, la demanda y el plazo de entrega.

Si la demanda es aleatoria y el plazo de entrega conocido, necesariamente deberemos basarnos en los datos estadísticos anteriores, lo que nos ayudará a conocer la distribución (normal). Además, deberemos tener en cuenta los cambios futuros previsibles (gustos de los consumidores, etc.) y,

cada cierto tiempo, corregir las posibles desviaciones que se produjeran por el mismo método.

### 1.6. Balance de líneas

El problema de determinar el número ideal de trabajadores que desean asignarse a una línea de producción es análogo al de determinar el número de operarios asignados a una estación de trabajo; el diagrama de proceso de grupo resuelve ambos problemas. Quizá la situación más elemental de balanceo de líneas, además de encontrarse con frecuencia es aquella en el que varios operarios, cada uno realizando operaciones consecutivas, trabajan como unidad. En este caso, la tasa de producción depende del operario más seguido.

$$E = \frac{\sum_{1}^{n} ME}{\sum_{1}^{n} MP} \times 100 = \frac{\sum M_e}{\sum M_p} \times 100 = E \%$$

Donde:

E = eficiencia

ME = minutos estándar por operación

MP = minutos estándar permitidos por operación

Sólo una situación inusual tendrá la línea con balance perfecto; es decir, en la que los minutos estándar para realizar cada operación sean idénticos para cada miembro del equipo. Los minutos estándar para realizar una operación en realidad no constituyen un estándar. Lo es sólo para el individuo que lo establece.

El número de trabajadores necesarios para la tasa de producción requerida es igual a:

$$N = R \times \sum MP = R \times \frac{\sum ME}{E}$$

Donde:

N = número de operaciones necesarias en la línea

R = tasa de producción deseada

### **1.6.1. Líneas de producción**

El problema de diseño para encontrar formas para igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones se denomina problema de balanceo de línea.

Deben existir ciertas condiciones para que la producción en línea sea práctica:

- a. Cantidad. El volumen o cantidad de producción debe ser suficiente para cubrir el costo de la preparación de la línea. Esto depende del ritmo de producción y de la duración que tendrá la tarea
- b. Equilibrio. Los tiempos necesarios para cada operación en línea deben ser aproximadamente iguales
- c. Continuidad. Deben tomarse precauciones para asegurar un aprovisionamiento continuo del material, piezas, sub-ensambles, etc., y la prevención de fallas de equipo

Los casos típicos de balanceo de línea de producción son:

- a. Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación
- b. Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a la misma

### **1.6.2. Control de la producción**

Se refiere esencialmente a la cantidad de fabricación de artículos y vigilar que se haga como se planeó, es decir, el control se refiere a la verificación para que se cumpla con lo planeado, reduciendo a un mínimo las diferencias del plan original, por los resultados y práctica obtenidos.

Es hacer que el plan de materiales que llega a la fábrica pase por ella y salga de ella regulándose de manera que alcance la posición óptima en el mercado y dejando utilidad razonable para la empresa.

El control de la producción tiene que establecer medios para una continua evaluación de ciertos factores: la demanda del cliente, la situación de capital, la capacidad productiva, etc. Esta evaluación deberá tomar en cuenta no sólo el estado actual de estos factores sino que deberá también proyectarlo hacia el futuro.

Podemos definir el control de producción, como "la toma de decisiones y acciones que son necesarias para corregir el desarrollo de un proceso, de modo que se apegue al plan trazado".

### **1.6.3. Distribución de una línea**

Una línea puede distribuirse de dos maneras; por producto o por proceso, a continuación se detallan cada una de las forma de distribución de líneas.

#### **a. Distribución por producto o en línea**

La distribución por producto tiene algunas desventajas. Debido a que una gran variedad de oficios están representados en un área pequeña, la insatisfacción de los empleados puede ser grande. Esto ocurre, en especial, cuando las distintas oportunidades van aparejadas con diferencias notorias en la remuneración. Dado que se agrupan instalaciones muy diferentes, la capacitación de los operarios puede ser complicada, sobre todo si no se dispone de un trabajador especializado en el área inmediata que enseñe a uno nuevo. El problema de encontrar supervisores competentes también es considerable debido a la variedad de instalaciones y tareas que deben supervisar.

También, este tipo de distribución representa una inversión inicial mayor, ya que se requieren líneas de servicios duplicadas, como aire, agua, gas, combustible y energía. Otra desventaja de agrupar por producto es que el arreglo tiende a parecer desordenado y caótico. En estas condiciones puede ser difícil promover la limpieza y el orden. Sin embargo, estas desventajas se compensan con las ventajas, si los requerimientos de producción son sustanciales.

## b. Distribución por proceso o funcional

La distribución por proceso es el agrupamiento de instalaciones similares. Aquí, se agrupan los tornos en una sección, departamento o edificio. Las fresadoras, los taladros y las troqueladoras también se agrupan en sus respectivas secciones. Este tipo de arreglo tiene la apariencia de limpieza y orden, y tiende a promoverlos. Otra ventaja de la distribución funcional es la facilidad con que se capacita al operario. Rodeado de empleados experimentados que operan máquinas similares, el nuevo trabajador tiene la oportunidad de aprender de ellos.

El problema de encontrar supervisores competentes es menor, pues la demanda de trabajo no es grande. Como estos supervisores sólo tienen que conocer un tipo general o clase de instalaciones, su experiencia no tiene que ser extensa como la de los supervisores del agrupamiento por producto. Además, si las cantidades fabricadas de productos similares son limitadas y se tienen órdenes especiales frecuentemente, una distribución por proceso es más satisfactoria.

La desventaja de agrupar por proceso es la posibilidad de transportes largos y de regresos constantes de los trabajos que requieren una serie de operaciones en varias máquinas. Por ejemplo, si las instrucciones de operación de un trabajo especifican una frecuencia de perforar, voltear, maquinar bordes y pulir, el movimiento del material de una sección a la siguiente puede ser en extremo costoso. Otra desventaja importante es gran volumen de documentación requerida para emitir órdenes y controlar la producción entre secciones.

#### **1.6.4. Métodos de balancear una línea**

Hay varias maneras de ir sobre esto, pero aquí y adaptación del procedimiento de Helgeson y de Birnie que es conceptual simple y fácil aplicarse. El procedimiento del contorno para solucionar el problema es éste:

- a. Reúna el proceso y los datos tecnológicos para la gama del producto, es decir tiempos de la operación y precedentes
- b. Consiga los datos de la demanda en qué volumen de cada producto se requiere
- c. Utilice esta información para producir una tabla de épocas de proceso compuestas
- d. Calcule la duración de ciclo y el número mínimo de las estaciones requeridas
- e. Construya un diagrama de procedencia para el producto compuesto, demostrando qué operaciones dependen de otras, tomando cuenta de todas las variantes que se producirán
- f. Determine el peso posicional (Prioridad) de cada operación
- g. Asigne las operaciones a las estaciones, teniendo respeto a PWs, precedencia y tiempo restante en el sitio de trabajo. Dependiendo de los objetivos y de los apremios, usted puede tener que repetir este paso final varias veces, intentando reducir al mínimo el número de sitios de trabajo, maximiza rendimiento de procesamiento o maximizar eficacia

## **1.7. Administración de sueldos y salarios**

La finalidad específica de este material es hacer menos complejo el cálculo y la determinación de los salarios en las empresas a través de una fácil metodología pero completa.

El contenido está diseñado para que paso a paso, y en secuencia lógica, el encargado o encargados de la determinación de los salarios de la empresa logre determinar un salario justo de acuerdo a sus funciones correspondientes.

Antes de iniciar cualquier proceso de evaluación de cargos o estructura de salarios, es necesario conceptuar el material base para lograr el objetivo total. Por eso, como punto de partida, se diferenciarán los que a nuestro juicio son indispensables para lograr una adecuada evaluación de cargos o de estructura de salarios.

### **1.7.1. Salario**

**Salario** es aquella paga que se hace en períodos más o menos cortos.

**Sueldo** es la paga que se hace en períodos más o menos largos (quincenal, mensual). Regularmente este término se utiliza para referirse a los salarios de los empleados.

### **1.7.2. Mano de obra**

En la contabilidad general de las empresas se entiende por mano de obra el coste total que representa el montante de trabajadores que tenga la empresa incluyendo los salarios y todo tipo de impuestos que van ligados a cada

trabajador. La mano de obra es un elemento muy importante, por lo tanto su correcta administración y control determinará de forma significativa el costo final del producto o servicio.

#### **1.7.2.1. Formas de pago**

Salario Nominal: es aquel que se pacta con el trabajador mediante el proceso contractual.

Salario Real: es lo que el trabajador está recibiendo realmente, en función al costo de vida. Una cosa es el salario que se pacta, el nominal, y otra bien distinta es la capacidad de compra que dicho salario puede proporcionar al trabajador.

Salario a destajo: es aquel que se paga por las unidades producidas.

Salario básico: de acuerdo a su valor relativo dentro de la organización.

Salario en dinero: es aquel que se paga en unidades monetarias del medio donde se trabaje.

Salario en especie: es aquel que se paga con productos o servicios de la empresa o con servicios que la empresa pueda prestar.

Salario Mixto: es aquel en que una parte se paga en dinero y otra en especie.

Salario por tiempo: es el asignado al trabajador para un límite de tiempo determinado.

Salario por obra: es aquel que se asigna por el trabajo mismo (obra), de acuerdo con las condiciones determinadas.

Salario mínimo legal: es aquel que el gobierno fija por decreto, por lo regular cada año. Con ese monto determinado el gobierno estima que una persona garantiza normalmente su subsistencia en el medio.

#### **1.7.2.2. Tipos de mano de obra**

- a. Mano de obra directa: es la mano de obra consumida en las áreas que tienen una relación directa con la producción o la prestación de algún servicio. Es la generada por los obreros y operarios calificados de la empresa
- b. Mano de obra indirecta: es la mano de obra consumida en las áreas administrativas de la empresa que sirven de apoyo a la producción y al comercio
- c. Mano de obra de gestión: es la mano de obra que corresponde al personal directivo y ejecutivo de la empresa
- d. Mano de obra comercial: es la mano de obra generada por el área comercial de la empresa

### **1.7.3. Prestaciones laborales**

Las relaciones entre trabajadores y patronos en Guatemala, están reguladas tanto por la Constitución Política de la República, en cuyo Artículo 102, se establecen las prestaciones laborales mínimas, como por el Código de Trabajo, que desarrolla en forma más extensa los preceptos constitucionales.

En Guatemala la relación trabajador patrono es tutelar, esto quiere decir que la ley protege al trabajador frente al patrono y establece prestaciones laborales mínimas para el trabajador, que el patrono debe cumplir obligatoriamente.

Según el marco jurídico en Guatemala, la relación laboral se perfecciona desde el momento en que el trabajador está bajo las ordenes directas del patrono o sus representantes, sin que necesariamente exista un contrato escrito, no obstante ser obligatorio.

Entre las prestaciones que todo patrono debe cumplir, se enumeran a continuación:

- a. Salario ordinario y bonificaciones
- b. Aguinaldo
- c. Vacaciones
- d. Bono 14
- e. Indemnización

## 2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL SISTEMA ACTUAL

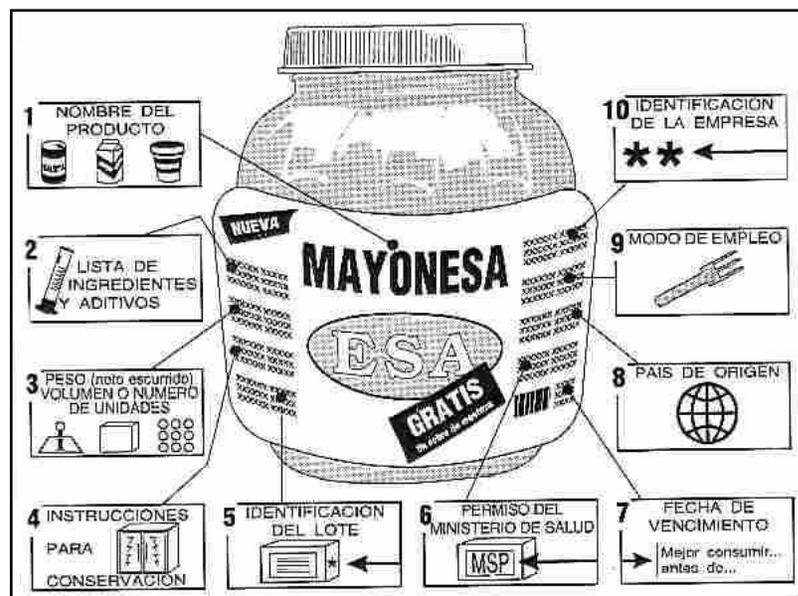
En este capítulo se detallará la forma y metodología de operación del departamento de etiquetado con el fin de poder comprender en forma clara el proceso de etiquetado de productos.

### 2.1. Características actuales del sistema de colas

A continuación se explica el proceso de etiquetado con los recursos e insumos necesarios para su operación.

#### 2.1.1. Proceso actual de etiquetado

Figura 8. Etiqueta de producto

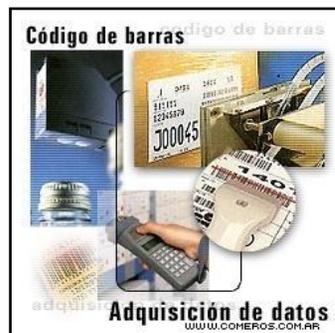


Fuente: [www.poderdelconsumidor.com.ar/images/etiquetas2](http://www.poderdelconsumidor.com.ar/images/etiquetas2).

El encargado del departamento de etiquetado, verifica existencias de producto etiquetado en bodega, evalúa si las existencias actuales satisfacen la necesidad del día y/o semana, esto en base a un criterio personal y en base a experiencia. Si no es suficiente el o los productos que sean necesarios etiquetar son llevados al área de etiquetado, donde el mismo encargado de etiquetado organiza al personal para las diferentes tareas o productos que se realizan simultáneamente.

Para poder llevar a cabo la tarea de etiquetado, es necesario contar con los insumos necesarios para realizar la tarea, entre los insumos necesarios tenemos las etiquetas de identificación.

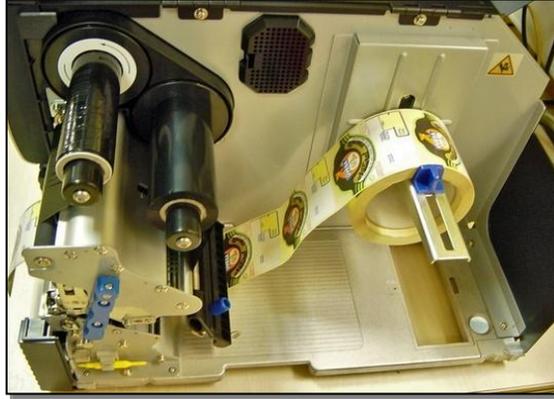
Figura 9. **Etiquetado de productos**



Fuente: [www.skamovil.com/268-Paxar/271](http://www.skamovil.com/268-Paxar/271)

La etiqueta lleva un proceso adicional al de etiquetado debido que la impresión de las mismas es realizada por la misma persona a cargo del departamento de etiquetado. Para poder mantener un Stock de etiquetas, el encargado debe verificar sus existencias de etiqueta en blanco, luego debe verificar que los datos del producto estén ingresados a la base de datos de acuerdo a los requerimientos de cada artículo, teniendo estos requerimientos previos puede iniciar con la impresión de etiquetas listas para su uso.

Figura 10. **Máquina para hacer etiqueta**



Fuente: [www.gubiz.com/thumbpic.aspx](http://www.gubiz.com/thumbpic.aspx)

El proceso de etiquetado consiste en:

- El encargado abastece de tarimas de productos al departamento y los coloca en tránsito de acuerdo con la prioridad de cada artículo

Figura 11. **Descarga de producto del muelle de almacenaje**



Fuente: elaboración propia

Figura 12. **Producto en cola de proceso**



Fuente: elaboración propia

- Una persona traslada la tarima del área de espera a la línea de trabajo
- Una persona abastece la línea con producto

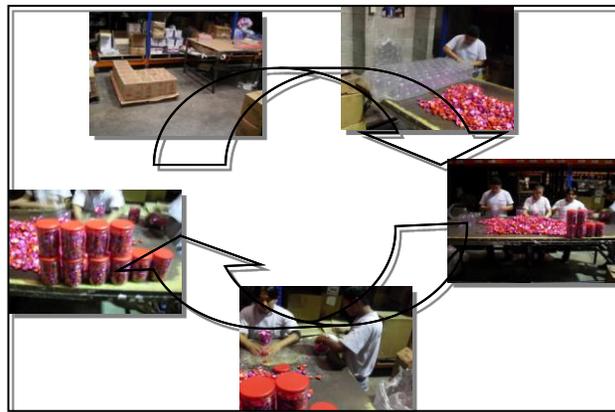
Figura 13. **Abastecimiento de líneas de producción**



Fuente: elaboración propia

- Cuatro personas simultáneamente:
  - Desempacan el producto
  - Etiquetan el producto
  - Cuentan y empacan el producto
  - Sellan el producto

Figura 14. **Proceso de Etiquetado**



Fuente: elaboración propia

- Una persona entarima nuevamente el producto

Figura 15. **Producto entarimado y listo para devolver a módulos de despacho**



Identificación de  
Producto terminado

Fuente: elaboración propia

- Una persona al completar la tarima devuelve la tarima al área de tránsito en espera de ser ubicada por el encargado.

- El encargado del departamento carga el producto a la ubicación correspondiente.

Figura 16. **Almacenaje de producto en módulos de despacho**



Fuente: elaboración propia

En el departamento de maquila es posible llevar acciones simultáneas pero independientes, ningún proceso depende de otro, el único factor a considerar es el humano ya que se cuenta con un número limitado de personal para realizar las tareas del departamento.

Cuando un producto entra en tránsito o cola, es porque está en espera de que otro producto salga del sistema para poder ingresar y llevar a cabo el proceso de etiquetado.

El etiquetado de un producto puede ser diferente para cada producto según sus especificaciones, por ejemplo, existen productos que únicamente se les coloca el nombre de la empresa para que tanto el cliente como el consumidor final conozcan quien distribuye dicho productos. En otros casos es necesario colocar otro tipo de etiqueta en el que va impreso los ingredientes en español y el registro sanitario.

Tabla I. Clasificación de tipos de etiqueta

No.	cod	Codigo	Descripcion	Registro	Ingredientes	Fecha
1	333	00000013-000333	SNICKERS	X	X	X
2	2270	00000476-002270	MONSTER ENERGY	X	X	X
3	2768	00000529-002768	EVER GOLD AA2 A91BP2			
4	361	00000014-000361	TWIX	X	X	X
5	2770	00000529-002770	EVERE GOLD AAA2 A92B			
6	369	00000009-000369	M & M PEANUT	X	X	X
7	380	00000009-000380	M & M PLAIN	X	X	X
8	409	00000015-000409	SKITTLES	X	X	X
9	316	00000011-000316	MILKY WAY	X	X	X
10	417	00000015-000417	SKITTLES WILD BERRY	X	X	X
11	818	00000010-000818	SNICKERS ALMOND	X	X	X
12	281	00000148-000281	TIC TAC MENTA	X		
13	414	00000015-000414	SKITTLES TROPICAL	X	X	X
14	282	00000148-000282	TIC TAC NARANJA	X		
15	1146	00000015-001146	SKITTLES SOUR SINGLES	X	X	X
16	280	00000148-000280	TIC TAC HIERBABUENA	X		
17	371	00000009-000371	M & M PLAIN CHOCOLATE TUBO	X	X	
18	274	00000144-000274	FERRERO ROCHER T3 144--274	X	X	
19	1180	00000148-001180	TIC TIC CANELA	X	X	
20	1751	00000224-001751	POP CORN LOVERS 28	X	X	
21	337	00000013-000337	SNICKERS KING SIZE	X	X	X
22	1134	00000320-001134	KINDER BUENO T10	X	X	
23	2271	00000476-002271	MONSTER LO-CARB	X	X	
24	529	00000055-000529	RING POP A GRANEL	X	X	
25	2757	00000529-002757	ENER MAX AA2 E91BP-2			
26	1158	00000323-001158	PUSH POP	X	X	
27	2987	00000553-002987	B. CR SUP DAV FOOD			
28	2769	00000529-002769	EVER GOLD AA4 A91BP4			
29	2430	00000476-002430	MONSTER KAHOS	X	X	X
30	2990	00000553-002990	B CR SUP YELLOW			
31	2761	00000529-002761	ENERGIZER MAX AAA2 E92BP2			
32	816	00000143-000816	NUTELLA FRASCO 350 GRS	X	X	
33	2986	00000553-002986	B CR FRENCH VAINILLA			
34	2463	00000420-002463	CLAMATO VIDRIO 100NZ	X	X	
35	1750	00000224-001750	POP CORN BUTTER 28	X	X	
36	1994	00000143-001994	NUTELLA FRASCO 750GRS.	X	X	
37	2923	00000543-002923	DET ORIX PR EX 35G	X	X	
38	2896	00000542-002896	CLAS TAJIN 150 1/24	X		
39	265	00000142-000265	KIND. SORP. T12	X		
40	335	00000013-000335	SNICKERS BARS PEG PACK	X	X	

Fuente: SAAD, sistema interno de gestión de inventarios

El tercer y último caso es la fecha de vencimiento, en el caso de algunos productos que se importan de Estados Unidos, la fecha de vencimiento viene codificada por lo que es necesario colocar esta etiqueta.

### **2.1.2. Ingreso de productos al proceso**

Actualmente el ingreso de productos al sistema se hace en base al criterio del encargado de maquila y todo producto que ingresa al departamento de etiquetado sigue cargado en la bodega, lo que actualmente representa un problema para bodega ya que debido a que la bodega opera con un sistema automatizado en el que se lleva un registro a través de un sistema computarizado, el producto aparece registrado como cargado a la bodega y no en tránsito de etiquetado.

Los elementos que se consideran para el traslado de un producto al departamento de etiquetado son: existencias maquiladas, tiempo de proceso de maquilado, unidades necesarias por maquilar, la rotación del producto.

**Figura 17. Traslado de productos al área de etiquetado**



Fuente: elaboración propia

### 2.1.3. Proceso de etiquetado

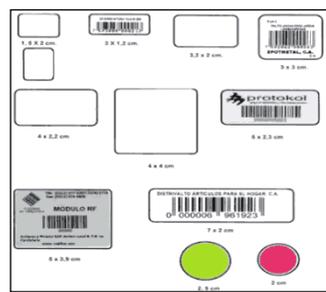
El proceso de etiquetado consta de una serie de actividades como lo son el ingreso de producto sin etiquetar al área, el proceso como tal de etiquetado y el reingreso a los módulos de almacenaje y distribución de producto ya etiquetado; a continuación se detallan cada una de las actividades que conllevan el etiquetado.

#### 2.1.3.1. Proceso de llegada

Un producto puede necesitar del proceso de etiquetado cuando las existencias del producto identificado no suplen con la demanda del día o semanal. También es necesario realizar este proceso en el caso de productos nuevos que requieren de este proceso pero con mucha más urgencia que en el flujo de proceso natural, debido a que las existencias de producto etiquetado son cero y la demanda del producto es alta.

Una vez es detectada la necesidad de etiquetar un producto ya sea porque es un producto nuevo o las existencias actuales son mínimas o nulas, el encargado de maquila debe revisar que los demás elementos necesarios para iniciar su proceso estén activos.

Figura 18. Etiquetas

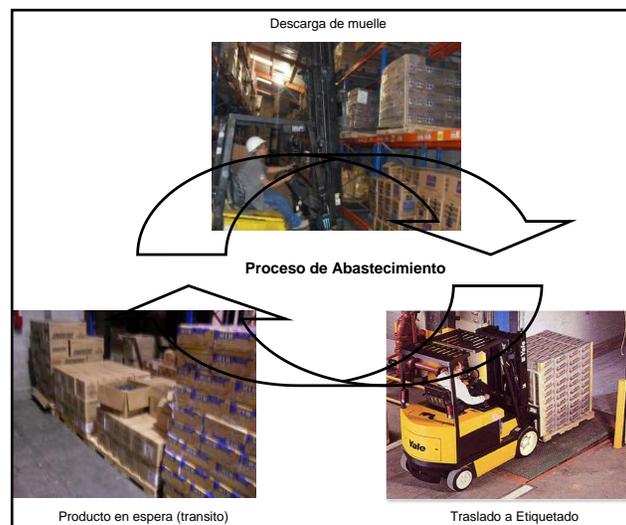


Fuente: [www.staff-codes.com.ar/images/Etiquetas](http://www.staff-codes.com.ar/images/Etiquetas)

El encargado de maquila debe revisar las existencias de etiqueta ya que esta es la materia prima del proceso. Las etiquetas son fabricadas en su mayoría por la empresa y otra parte se solicita a diferentes proveedores.

La disponibilidad del personal es otro factor que influye en las colas de producto porque como se mencionó anteriormente, este recurso es limitado y realizan diferentes labores simultáneamente.

Figura 19. **Proceso de ingreso de mercadería al área de etiquetado**



Fuente: elaboración propia

### 2.1.3.2. **Proceso en cola**

Debido a la amplia gama de productos, cada uno con diferente proceso y tiempo de proceso, llegan a un nivel muy bajo de existencias; genera una saturación de artículos en espera de entrar al sistema para ser etiquetado. Lo que crea líneas de espera o colas que en base a su prioridad de despacho y rotación serán procesados.

### 2.1.3.3. Proceso de salida

Cuando un artículo está debidamente identificado se regresa a su envoltura original y se ensamblan los pallets de producto nuevamente según la parametrización establecida por bodega. Luego el encargado del departamento es el encargado de ubicar nuevamente el producto ya procesado en la bodega.

Es importante mencionar que en la mayoría de casos los productos son descargados de los niveles superiores de almacenamiento y transferidos a los niveles inferiores. Esto se da como medida de seguridad, ya que con esto garantizan que el producto que se está despachando esta previamente etiquetado.

Figura 20. **Módulos de almacenaje**



Fuente: [www.grupojuva.com/imagenes/estantes](http://www.grupojuva.com/imagenes/estantes)

También cabe mencionar que este proceso de transferencia del producto de un nivel superior a un nivel inferior debe incluir una transferencia electrónica en el sistema para que concuerden las cantidades en las ubicaciones establecidas.

Figura 21. Pantalla de transferencia de datos en el sistema

Est.	Col.	Nivel
AI	005	003

Est.	Col.	Nivel
CP	020	001

Cia.	Producto	Lote	Serie	Físico	Cantidad	Estado
	13-000333	31072011			10,200	1

Fuente: SAAD, sistema interno de gestión de inventarios

#### 2.1.4. Proceso de ofertado de artículos

El ofertado de artículos consiste en hacer atados especiales ya sea del mismo producto en el que va bonificado cierta cantidad o atados en los que se agrega otro producto diferente como bonificación en la compra del artículo principal.

Figura 22. Ejemplo de artículos ofertados



Fuente: elaboración propia

### 2.1.4.1 Proceso de llegada

Una oferta es creada a solicitud del gerente de mercadeo a cargo de esa marca. La oferta es analizada conjuntamente entre el gerente de marca y el encargado de etiquetado, es necesario que ambos coordinen el diseño tomando en consideración los costos de producción.

Tomada la decisión de diseño y costo de producción el gerente de marca hace la solicitud al jefe de bodega que se inicie con la producción del mismo, el cual a su vez traslada al encargado de etiquetado.

El encargado de etiquetado debe realizar una salida de productos individuales de la bodega para descargar los inventarios y posteriormente utilizarlos para la realización de la oferta.

Figura 23. **Producto antes de ser atado en oferta**



Fuente: elaboración propia

#### **2.1.4.2 Proceso en cola**

El proceso de etiquetados es afectado tanto por la existencia de más productos en espera de ser atados a un promocional u oferta, como en el proceso de etiquetado de productos. Debido a que el personal del departamento de etiquetado es el responsable de la realización de ambas tareas; ambos se ven afectados por la existencia en cola del otro proceso.

#### **2.1.4.3 Proceso de salida**

Cuando una oferta es concluida en su proceso de creación es necesario regresar este inventario a la bodega. Para lo cual es necesario contar con algunos datos adicionales como las medidas volumétricas de la oferta y la creación de un código de facturación diferente al o los artículos originales.

Identificada la parametrización del nuevo artículo y creado el código de facturación, el encargado de etiquetado y ofertas es el responsable de dar ingreso al nuevo producto a la bodega para su posterior distribución.

**Figura 24. Producto después de ser atado para oferta**



Fuente: elaboración propia

### **2.1.5 Traslado de productos al área de distribución**

En el caso de las ofertas de productos como se mencionó en el inciso anterior el producto es descargado y cargado de los inventarios de la empresa. Pero en el proceso de etiquetado no existe registro de este proceso a nivel de inventarios.

Cuando el proceso de etiquetado de un artículo ha concluido el encargado del departamento devuelve el total de unidades etiquetadas a las ubicaciones que correspondan según las reglas de almacenaje de la bodega, concluyendo así con el proceso y empezando un nuevo proceso.

## **2.2 Diagrama general de proceso**

A continuación se describen los diagramas de recorrido y flujo de proceso, con el fin de poder entender en forma clara los procesos relacionados con el etiquetado de productos.

### **2.2.1. Diagrama de flujo de proceso**

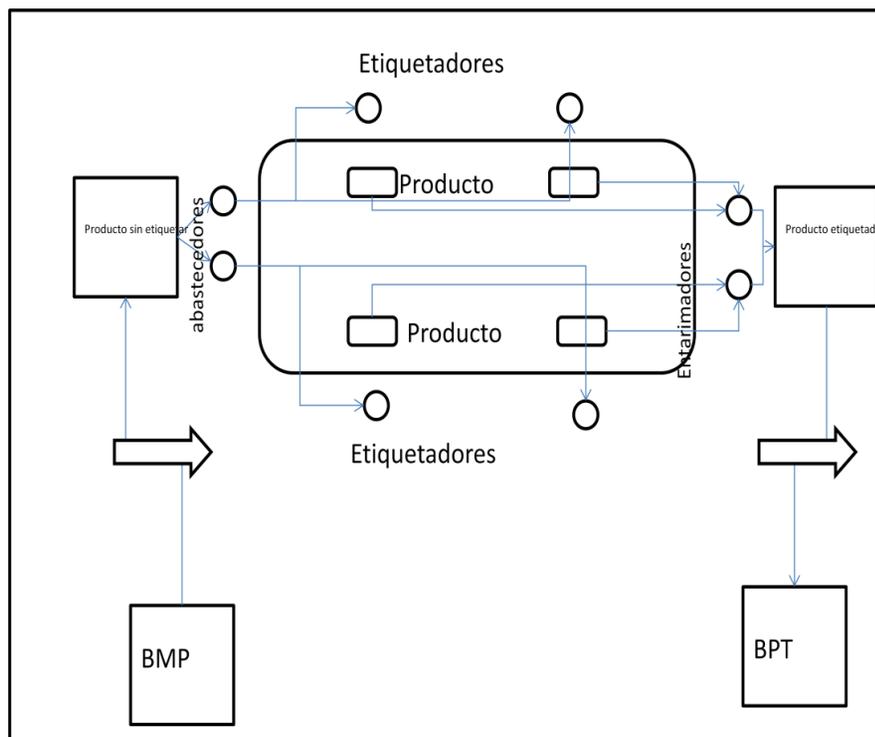
Para este diagrama se presenta todo el flujo del proceso de entrega y recepción del producto al área de etiquetado y que luego será entregado al área de bodega de almacenaje para su posterior despacho, el seguimiento se da de la manera siguiente:

- a. Recepción de productos en espera de ser procesados
- b. Traslado a una línea de proceso
- c. Retiro del empaque del producto
- d. Etiquetado de productos
- e. Traslado al área de empaque
- f. Empacado de productos
- g. Ensamble de ballet de producto
- h. Traslado a muelle para cuadrar en base a recepción
- i. Traslado a bodega de almacenaje

## 2.2.2. Diagrama de recorrido

Este diagrama presenta todo el recorrido del producto de la manera siguiente:

- Recepción del producto al área de etiquetado
- Espera de proceso en área de muelle
- Asignación del artículo a la línea de proceso
- Traslado a re empaque de productos
- Armado de ballet con el producto ya etiquetado
- Traslado al muelle en espera de ser ubicado el producto en bodega
- Traslado de muelle a bodega principal



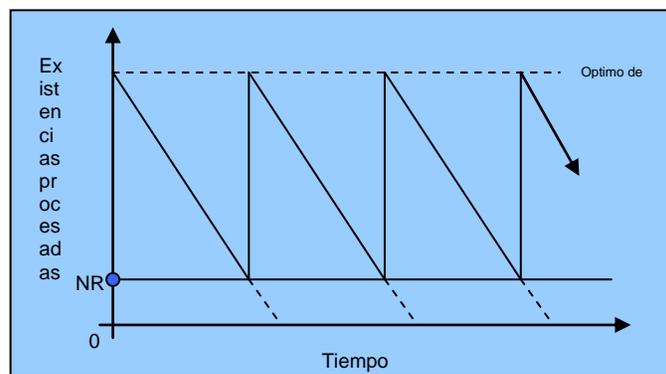
### 3. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE COLAS POR MEDIO DE MEDIDAS DE RENDIMIENTO

#### 3.1. Estado óptimo

A medida que avanzan los días, las llegadas y salidas del área de etiquetado, el sistema llega a una condición en la que el efecto de la falta de productos ha sido eliminado, debido a que se ha alcanzado un nivel de reorden en el que cada producto ha alcanzado un nivel de inventario estable.

Al inicio del proceso se conservan los efectos de las condiciones iniciales, conociéndose como fase transitoria. Después de que los efectos de las condiciones iniciales son eliminados, el sistema entra a un estado estable. Las medidas de rendimiento son valores numéricos que se utilizarán para evaluar los méritos de un sistema en estado estable del área de etiquetado al momento de las llegadas de los productos como se indica en el inciso 2.1.3 del capítulo 2.

Figura 25. Nivel de reorden o de reabastecimiento



Fuente: elaboración propia

A continuación se presentan los valores de las medidas de rendimiento en las cuales se encuentra el sistema y la propuesta para mejora.

Figura 26. **Medidas de rendimiento para situación actual y propuesta**

MEDIDAS DE RENDIMIENTO	SITUACIÓN ACTUAL PARA S = 1 SERVIDOR	SITUACIÓN PROPUESTA PARA S = 2 SERVIDORES
Promedio de productos en cola	$L_q = \frac{\rho^2}{1-\rho}$	$L_q = \frac{P_0(\lambda/\mu)^s \rho}{s!(1-\rho)^2}$
Tiempo promedio de espera en cola	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$	$W_q = \frac{L_q}{\lambda}$
Tiempo promedio de espera en el sistema	$W = W_q + \frac{1}{\mu}$	$W = W_q + \frac{1}{\mu}$
Promedio de productos en el sistema	$L = \lambda * W$	$L = \lambda * W$
Probabilidad de que no haya productos en el sistema	$P_0 = 1 - \rho$	$P_0 = \frac{1}{\left[ \sum_{n=0}^{s-1} \frac{(\rho)^n}{n!} + \frac{(\rho)^s}{s!} * \left( \frac{s}{s-\rho} \right) \right]}$
Probabilidad de que un producto que llega tenga que esperar	$P_1 = 1 - P_0 = \rho$	$P_1 = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} P_0 \quad \text{si } 0 \leq n \leq s$
Probabilidad de que haya n productos en el sistema	$P_n = \rho^n * P_0$	$P_n = \frac{\lambda/\mu^n}{(s!)e^{n-s}} * P_0 \quad \text{si } n \geq s$
Utilización	$U = \rho$	$U = 1 - \left[ P_0 + \left( \frac{s-1}{s} \right) P_1 + \left( \frac{s-2}{s} \right) P_2 + \dots + \left( \frac{1}{s} \right) P_s \right]$

Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.46

### 3.1.1. Medición del tiempo promedio que espera un artículo en cola

Es el tiempo promedio de espera en cola y se midió de la manera siguiente:

$$W_q = L_q / \lambda$$

$L_q$  = Promedio de productos en cola

$\lambda$  = Llegadas promedio por unidad de tiempo

### 3.1.2. Medición del tiempo promedio que un producto está en el sistema

El tiempo promedio que un producto está en el sistema se mide de la manera siguiente:

$$W = W_q + 1 / \lambda$$

$W_q$  = Tiempo promedio de espera

$1 / \lambda$  = Tiempo esperado para servir a un producto

### 3.1.3. Longitud media de cola

Es el número promedio de productos que se encuentran esperando en la fila para ser atendidos.

$$L_q = \frac{P_0 (\lambda / \mu)^s \rho}{s!(1 - \rho)^2}$$

Donde

$L_q$  = Promedio de productos en cola

$P_0$  = Probabilidad de que haya cero productos en cola

$\lambda$  = Número de llegadas promedio por unidad de tiempo

$\mu$  = Número promedio de productos atendidos por unidad de tiempo

$\rho$  = Intensidad de tráfico de productos

$s$  = Número de servidores en el área

#### **3.1.4. Promedio de productos en el sistema**

Es el número promedio de productos que se encuentran en el sistema a cualquier tiempo dado.

$$L = \lambda * W$$

$\lambda$  = Número de llegadas promedio por unidad de tiempo

$W$  = Tiempo promedio que un producto está en el sistema

#### **3.1.5. Promedio de productos en un sistema de colas**

El número promedio de productos que se encuentran en el sistema a cualquier tiempo dado y se mide de la manera siguiente:

$$L = \lambda * W$$

$\lambda$  = número de llegadas promedio por unidad de tiempo

$W$  = tiempo promedio que un producto está en el sistema

### 3.1.6. Probabilidad de bloqueo

Es la probabilidad de que un producto que llega tenga que esperar a ser atendido, es denotado como  $P_w$ .

$$P_w = \frac{1}{s!} * (\lambda/\mu)^s * \frac{s}{s - (\lambda/\mu)} P_0$$

Donde:

$P_0$  = Probabilidad de que existan cero productos en cola

$P_1$  = Probabilidad de que haya un producto en cola

$P_2$  = Probabilidad de que haya más de un producto en cola

$S$  = Número de servidores en el área

### 3.1.7. Utilización

Es la fracción de tiempo, en promedio, que el servidor se encuentra ocupado.

$$U = 1 - \left[ P_0 + \left( \frac{s-1}{s} \right) P_1 + \left( \frac{s-2}{s} \right) P_2 + \dots + \left( \frac{1}{s} \right) P_{s-1} \right]$$

Donde

$P_0$  = Probabilidad de que haya cero productos en cola

$P_1$  = Probabilidad de que haya un producto en cola

$P_2$  = Probabilidad de que haya más de un producto en cola

$S$  = Número de servidores en el área

### 3.2. Relación entre medidas de rendimiento

Para el cálculo de muchas medidas de rendimiento todas dependen de los procesos de llegada y de salida del sistema de colas específico, dichas relaciones de algunas medidas de rendimiento se obtienen para este sistema de colas, mediante el uso de los siguientes parámetros de los procesos de llegada y servicio:

- $\lambda$  = número de llegadas promedio por unidad de tiempo
- $\mu$  = número promedio de productos atendidos por unidad de tiempo en una estación

Para el caso del área de distribución, una población de productos infinita y una cantidad ilimitada de espacio de espera en la cola, el tiempo total que un producto invierte en el sistema es la cantidad de tiempo invertido en esperar en la cola más el tiempo durante el cual es atendido:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{de espera} \end{array} \right\} + \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{de servicio} \end{array} \right\}$$

El tiempo promedio en el sistema y el tiempo promedio de espera están representados por las cantidades  $W$  y  $W_q$ , respectivamente. El tiempo promedio de servicio puede expresarse en función del parámetro " $\mu$ ". Para los efectos de cálculo en general el tiempo promedio de servicio es  $1/\mu$ , lo cual se expresa con la siguiente relación:

$$W = W_q + \frac{1}{\mu}$$

Se relaciona el número promedio de productos en el sistema y el tiempo promedio que cada producto que pasa en el sistema, en función de  $\lambda$  y de las medidas de rendimiento analizando lo siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{de productos} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Número promedio} \\ \text{de llegadas por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right\} * \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\}$$

De modo que:  $L = \lambda * W$

Y para la relación entre el número promedio de productos que esperan en la cola y el tiempo promedio de espera en la cola se analiza lo siguiente:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{de productos} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Número promedio} \\ \text{de llegadas por} \\ \text{unidad de tiempo} \end{array} \right\} * \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo promedio} \\ \text{en el sistema} \end{array} \right\}$$

De manera que:  $Lq = \lambda * Wq$

### 3.3. Cálculo de medidas de rendimiento

El estudio de las medidas de rendimiento es en función de los parámetros “ $\lambda$ ” y “ $\mu$ ”. Se utilizarán formulas para el cálculo de las diferentes medidas de rendimiento las cuales son necesarias para cualquier sistema de colas M/M/s, que para este caso  $s = 2$

Promedio de productos en cola

$$Lq = \frac{P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^s \rho}{s! (1 - \rho)^2} = 0.1688$$

Tiempo promedio de espera en cola

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = 0.1592$$

Tiempo promedio de espera en el sistema

$$W = Wq + \frac{1}{\mu} = 1.8634$$

Promedio de productos en el sistema

$$L = \lambda * W = 1.9752$$

Probabilidad de que no haya productos en el sistema

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{s-1} \frac{\rho^n}{n!} + \frac{\rho^s}{s!} * \left(\frac{s}{s-\rho}\right)} = 0.6502$$

Probabilidad de que un producto deba esperar

$$P_1 = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} P_0 = 0.4854$$

Utilización

$$U = 1 - (P_0 + (s/(s-1)*P_1)) = 0.4853$$

### 3.3.1. Intensidad de tráfico de productos

La intensidad del tráfico de productos se analizará de acuerdo al cociente de la tasa de llegadas “λ”, entre la tasa de servicio “μ”, y se denotará “ρ”. Cuanto más cerca esté ρ de 1, más cargado estará el sistema, lo cual tiene como resultado colas más largas y tiempos de espera muy grandes.

$$\rho = \lambda/2\mu = 8/(2*9) = 0.44$$

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los valores analizados en el inciso 3.2 para la situación actual con 1 servidor y para la situación propuesta con 2 servidores.

Tabla II. Resultado de medidas de rendimiento

$\lambda = 1.06$ $\mu = 1.42$	S = 1	S = 2
ρ	0.7464	0.7464
P <sub>0</sub>	0.2536	0.6502
P <sub>1</sub>	0.7464	0.4854
L <sub>q</sub>	2.19681767	0.1688
L	3.94290668	1.9752
W <sub>q</sub>	2.0724695	0.1592
W	2.77669485	1.8634

Fuente: elaboración propia

### 3.4. Estudio de tiempos y movimientos

El estudio de tiempos como una técnica es el establecer un estándar de tiempo asignado para ejecutar una tarea determinada. Existen distintas técnicas para poder determinar o asignar tiempos a elementos, movimientos o tareas que puedan darse en todo proceso productivo y de valor agregado. La determinación del tiempo justo para cada proceso de trabajo es una tarea que aún hoy en día es un reto.

Tabla III. Ejemplo de tabla de medición de tiempos

Proceso:											Fecha:			
Paso del Proceso	Elemento de Trabajo	Tiempos Observados										Menor Repetible	Tiempo de Ciclo	Notas
		5	5	5	5	7	7	8	5	5	6	5		
		9	9	8	8	8	12	8	9	8	8	8		
		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		17	
		3	3	3	3	3	4	3	3	3	4	3		
		4	4	4	4	5	5	5	4	5	4	5		
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
		7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
		7	9	7	7	7	7	8	7	7	7	7		
		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17		17	
		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
		3	3	3	3	3	3	4	4	3	3	3		
		2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2		
		2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2		
			3	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	
		5	7	6	5	5	6	6	6	6	7	6		
		21	19	20	20	21	20	19	20	20	21	20		
		2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2		
		7	9	9	9	7	7	8	8	8	9	8		
		30	29	28	27	32	28	29	31	29	28	29		
		3	3	2	3	3	2	4	3	3	3	3		
		5	5	4	4	5	5	5	5	6	6	5		
		3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	2		

Fuente: Tesis 08 T(1249)IN; USAC, p.50

### 3.4.1. Tiempo estándar

Para la realización de este estudio se tomó como referencia, el tiempo estándar que un operario se toma en realizar todo el proceso de un artículo como línea de proceso y no por unidades que este requiera del mismo.

Es decir que se tomó como tiempo total de proceso, el tiempo que se tarda todo el personal en realizar todas las tareas asignadas y como número de artículos el número de líneas de producto a etiquetar.

Tabla IV. **Medición de tiempos para cálculo de tiempo estándar**

No.	cod	Descripcion	Tiempo/Proceso (para calculo)	Tiempo unitario (min)	Tiempo total de maquila (min)	Tiempo ponderado d proc
1	333	SNICKERS	110	0.009549	540	540
2	2270	MONSTER ENERGY	45	0.026786	1307	1307
3	2768	EVER GOLD AA2 A91BP2	180	0.023077	877	877
4	361	TWIX	105	0.009722	347	347
5	2770	EVERE GOLD AAA2 A92B	180	0.019231	622	622
6	369	M & M PEANUT	120	0.010417	319	319
7	380	M & M PLAIN	120	0.010417	280	280
8	409	SKITTLES	75	0.008681	186	186
9	316	MILKY WAY	75	0.005952	125	125
10	417	SKITTLES WILD BERRY	75	0.008681	171	171
11	818	SNICKERS ALMOND	75	0.006510	126	126
12	281	TIC TAC MENTA	240	0.015432	270	270
13	414	SKITTLES TROPICAL	85	0.009838	136	136
14	282	TIC TAC NARANJA	60	0.003858	44	44
15	1146	SKITTLES SOUR SINGLES	75	0.008681	95	95
16	280	TIC TAC HIERBABUENA	60	0.003858	40	40
17	371	M & M PLAIN CHOCOLATE TUBO	165	0.015914	150	150
18	274	FERRERO ROCHER T3 144--274	150	0.027902	247	247
19	1180	TIC TIC CANELA	60	0.003858	32	32
20	1751	POP CORN LOVERS 28	45	0.250000	1747	1747
21	337	SNICKERS KING SIZE	30	0.004252	25	25
22	1134	KINDER BUENO T10	120	0.020000	117	117
23	2271	MONSTER LO-CARB	45	0.026786	155	155
24	529	RING POP A GRANEL	150	0.015704	89	89
25	2757	ENER MAX AA2 E91BP-2	75	0.015625	86	86
26	1158	PUSH POP	165	0.005968	31	31
27	2769	EVER GOLD AA4 A91BP4	180	0.023077	114	114
28	2430	MONSTER KAHOS	45	0.026786	123	123
29	2761	ENERGIZER MAX AAA2 E92BP2	180	0.037500	134	134
30	816	NUTELLA FRASCO 350 GRS	30	0.020000	68	68
31	2463	CLAMATO VIDRIO 10ONZ	45	0.023438	76	76
32	1750	POP CORN BUTTER 28	45	0.250000	774	774
33	1994	NUTELLA FRASCO 750GRS.	30	0.031250	96	96
34	2923	DET ORIX PR EX 35G	90	0.007353	22	22
35	2896	CLAS TAJIN 150 1/24	30	0.009766	26	26
36	265	KIND. SORP. T12	30	0.058594	153	153
37	335	SNICKERS BARS PEG PACK	110	0.061111	159	159
38	2758	ENER MAX AA4 E91BP-4	180	0.037500	97	97
39	2766	ENER AX 9V1 522BP	75	0.015625	40	40
40	2771	EVER GOLD AAA4 A92BP	180	0.019231	47	47

Fuente: SAAD, Sistema de administración de Ninoshka

*Tiempo promedio de proceso =  $14261/254 = 56.1$  min.*

Luego se dividió entre el total de personas requeridas para realizar la tarea.

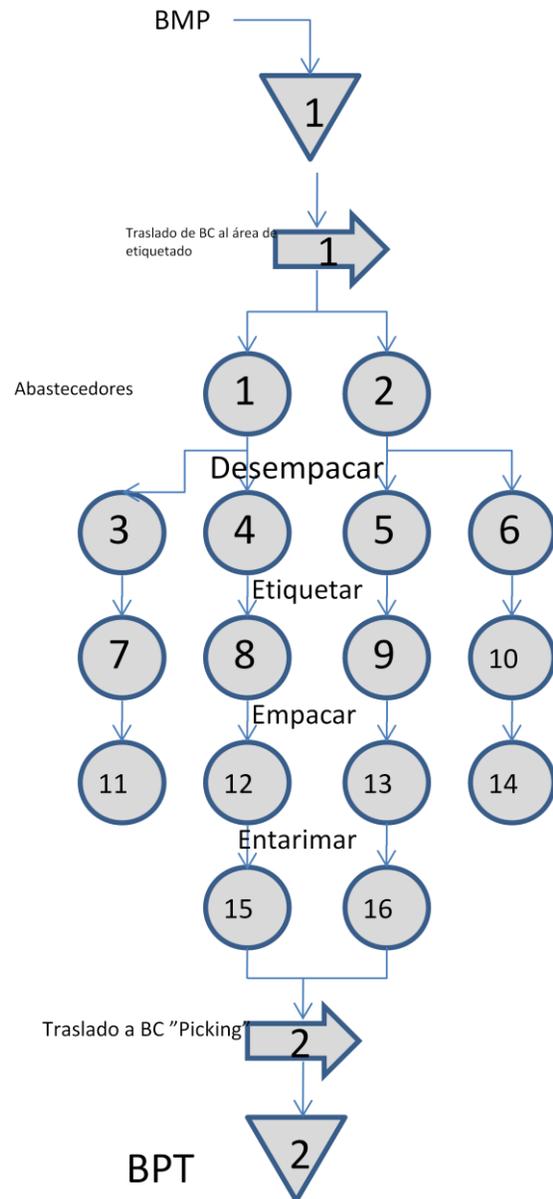
Tiempo de proceso por artículo =  $56.1/8 = 0.9$  min

### 3.4.1.1. Diagrama de flujo de proceso

Empresa: Ninoshka S.A.  
Departamento: Bodega Principal  
Producto: Artículos de distribución  
Realizado: Mario Raúl Chicas  
Inicio: Bodega Principal "Stock"

Hoja: 1/2

Fecha: 20/05/10  
Método: Actual  
Finaliza: Bodega Principal  
"Picking"



Empresa: Ninoshka S.A.  
 Departamento: Bodega Principal  
 Producto: Artículos de distribución  
 Realizado: Mario Raúl Chicas  
 Inicio: Bodega Principal "Stock"

Hoja: 2/2

Fecha: 20/05/10  
 Método: Actual  
 Finaliza: Bodega Principal  
 "Picking"

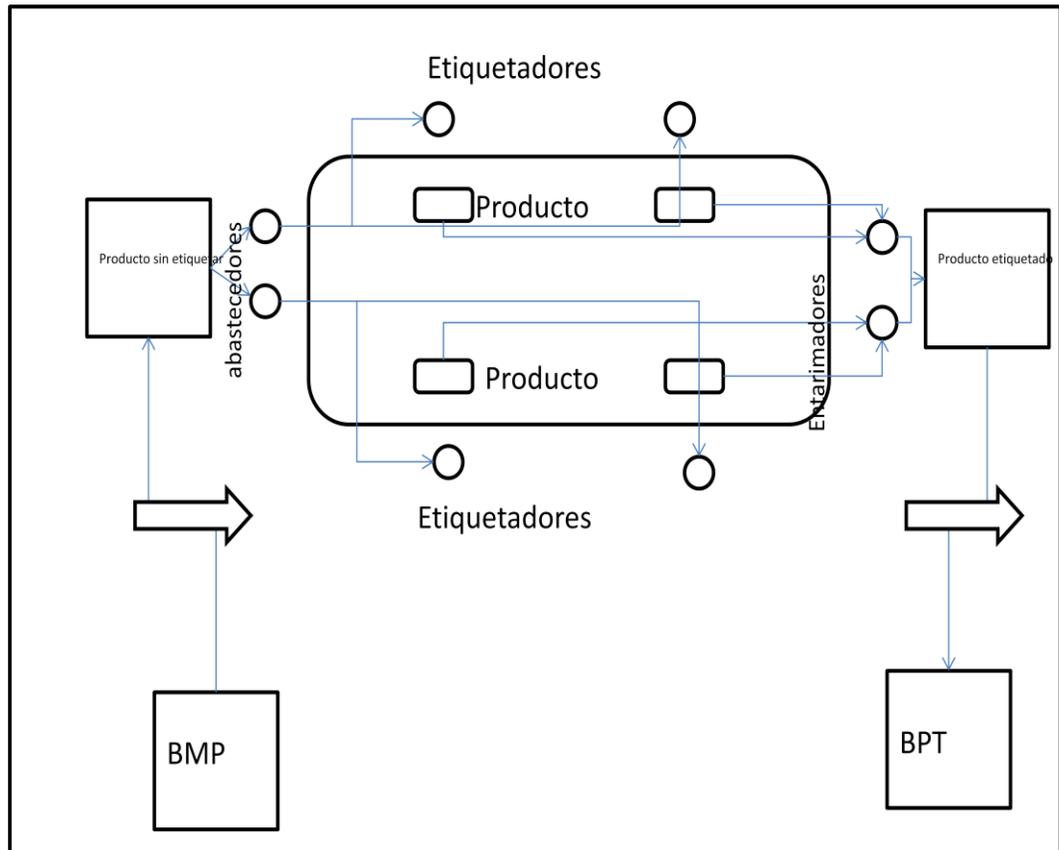
<b>RESUMEN</b>		
Operación	Cantidad	Descripción
▼	2	Almacenaje
→	2	Traslado
●	16	Operación

<b>Glosario</b>	
BMP	Bodega de materia Prima
BPT	Bodega de Producto Terminado
BC	Bodega Central
Picking	Ubicaciones de despacho
Stock	Ubicaciones de almacenaje

### 3.4.1.2. Diagrama de recorrido

Empresa: Ninoshka S.A.  
Departamento: Bodega Principal  
Producto: Artículos de distribución  
Realizado: Mario Raúl Chicas  
Inicio: Bodega Principal "Stock"

Hoja: 1/1  
Fecha: 20/05/10  
Método: Actual  
Finaliza: Bodega Principal  
"Picking"



### 3.4.1.3. Tiempos de proceso

Para la realización de los cálculos de los tiempos estándar de proceso; se realizó un estudio ponderado de cada artículo en sus diferentes presentaciones, en la cual se tomó en cuenta aspectos como rotación, unidades que se procesan y el tiempo que toma por unidad etiquetarlo.

A continuación se presenta la tabla resumen de tiempos disponibles y tiempos requeridos de proceso así como los artículos que obtuvieron las primeras 20 posiciones en la tabla de ponderación.

Tabla V. **Rotación y tiempos ponderados de proceso**

Descripción	Rotación	Tiempo umit.	Tiempo total
SNICKERS	60340	0.009549	576
MONSTER ENERGY	50130	0.026786	1343
EVER GOLD AA2 A91BP2	37854	0.023077	874
EVERE GOLD AAA2 A92B	32176	0.019231	619
M & M PEANUT	30345	0.010417	316
TWIX	26626	0.009722	259
M & M PLAIN	25178	0.010417	262
SKITTLES	21800	0.008681	189
MILKY WAY	19730	0.005952	117
SKITTLES WILD BERRY	19094	0.008681	166
SNICKERS ALMOND	16120	0.006510	105
TIC TAC MENTA	16021	0.015432	247
SKITTLES TROPICAL	11991	0.009838	118
TIC TAC NARANJA	10669	0.003858	41
SKITTLES SOUR SINGLES	9962	0.008681	86
TIC TAC HIERBABUENA	9386	0.003858	36
M & M PLAIN CHOCOLATE TUBO	8838	0.015914	141
FERRERO ROCHER T3 144--274	8613	0.027902	240

Fuente: SAAD; sistema de administración de Ninoshka

Tabla VI. **Tabla resumen de tiempos**

<b>Tabla resumen</b>	
<b>Tiempo promedio de proceso</b>	<b>56.1</b>
No. de artículos en el proceso	254
No. de procesos	<b>254</b>
Tiempo de etiquetado mensual en min.	<b>14261</b>
Tiempo de maquila mensual en hr.	238
Horas al día	7.5
Horas a la semana	42
Horas al mes	180

Fuente: elaboración propia

### 3.4.2. **Balance de líneas**

El balance de líneas esta realizado bajo una línea de producción de cuatro operarios que trabajan bajo condiciones optimas y estables, una jornada laboral de 8 hrs. durante 44 hrs., a la semana.

Tabla VII. **Tiempos estándar por operario**

<b>Operario</b>	<b>Tiempo (min.)</b>
1	103.4
2	98.8
3	113.8
4	109.6

Fuente elaboración propia

Al determinar que operario es el que hace que la línea de producción realice su trabajo se puede observar que es el número tres. El incurre en un tiempo promedio de 56.9 minutos para realizar su operación esto hace ver que la línea depende de él para poder tener una mejor eficiencia.

Las tareas que realiza cada operario son las siguientes:

Operario 1 & 2 abastecen de producto la línea de producción, posteriormente se unen a la línea para proceder con el etiquetado.

Operario 3 & 4 primero se encuentran en la línea de etiquetado y luego son ellos quienes colocan el producto terminado en tarimas o bultos de producto.

No obstante si el proceso está siendo realizado de la forma más rápida que puede, no se incurre en tiempos de ocio por parte de este sino solamente de los demás que son quienes deberán de esperarlo para poder trabajar, al final se obtienen los datos de la siguiente tabla.

Tabla VIII. **Balance de líneas**

<b>Operario</b>	<b>Tiempo Estándar (min.)</b>	<b>Tiempo de espera</b>	<b>Tiempo estándar permitido</b>
<b>1</b>	103.4	10.4	113.6
<b>2</b>	98.8	15	113.6
<b>3</b>	113.8	0	113.6
<b>4</b>	109.6	4.2	113.6
<b>Total</b>	<b>425.6</b>		<b>454.4</b>

Fuente: elaboración propia

Para determinar la eficiencia de la línea, se utiliza la ecuación:

$$E = (\sum TE / \sum TP) \times 100$$

Donde

E = Eficiencia

TE = Minutos estándar por operación

TP = Minutos estándar permitidos por operación

Al realizar el cálculo obtenemos que la eficiencia de la línea de producción de etiquetado es de 93.6%

$$E = 425.6 / 454.4 * 100 = 93.6 \%$$

Para determinar la inactividad de la línea se utiliza la relación:

$$\text{Porcentaje de inactividad} = 100 - E$$

$$\text{Porcentaje de inactividad} = 100 - E = 100 - 93.6 = 6.4\%$$

Para poder obtener el número de operarios dentro de una línea de producción diferente a la que se tiene en forma real, se utiliza una variable de producción que se deriva de la necesidad de hacer que se produzcan más unidades por lo que se procede a calcularlo de la manera siguiente:

$$N = R \times \sum MP = R \times \frac{\sum ME}{E}$$

ME: Minutos Estándar por operación

MP: Minutos Permitidos por operación

R: Tasa de producción deseada

E: Eficiencia

La tasa de producción deseada se calcula como:

$R = \text{Producción diaria} / \text{tiempo disponible diario}$

Producción diaria 254 artículos

Tiempo diario 480 minutos

$R = 10.58 / 480 = 0.021$

$N = 0.022 * 454.4 = 7.56 = 9.54$  operarios

Con este dato podemos observar que necesitamos 10 operarios como máximo y 9 como mínimo para poder cumplir con los requerimientos que se tienen dentro de la línea de producción.

Balanceando la línea se obtienen los datos que a continuación se presentan.

Tabla IX. **Tabla resumen de Balance de línea**

unidades a fabricar	10.58
Tiempo disponible (min.)	480
índice de producción (uni/min)	0.0220
Número total de operarios teóricos	4

Unidades por día	10.58
Eficiencia planeada	97%
Eficiencia real	94.60%

Fuente: elaboración propia

### 3.5. Administración de sueldos y salarios

Para el análisis económico se tomará en consideración el número de personal o líneas de trabajo, el tiempo requerido para cumplir con todos los procesos y los costos en que estos incurren.

Tomando como una línea de producción un grupo de cuatro personas se realizara el análisis de requerimiento de tiempo extra de trabajo para una jornada diurna de ocho horas y cuarenta y cuatro a la semana; se cuenta con un tiempo de producción de 180 horas al mes o 10,800 minutos mensuales.

Para un total de 254 artículos que requieren del proceso de etiquetado y una línea de producción conformada por cuatro (4) trabajadores necesario un tiempo de producción de 238 horas de trabajo o 14,261 minutos al mes.

#### 3.5.1. Evaluación de los modelos de contratación de mano de obra

A continuación se analizan las opciones de aumentar las líneas de producción a 2 líneas, contra la producción realizada por una línea que cubre el déficit de producción a través de horas extras.

Tabla X. **Análisis económico, para una línea de producción**

Evaluación I: Análisis de horas extras						
No. Personas	Hr. Día	Hr. Extras	Hr. Ocio	Prod. Ordinaria	% Prob.	Prob. Hr. Extra
4	180	232	0	192 procesos	80%	46
8	360	0	488	238 procesos	100%	0

Fuente: elaboración propia

Es posible observar como la cantidad de horas extras necesarias para poder cubrir con la demanda actual requerida es significativa al compararla contra las horas ordinarias trabajadas; cabe resaltar la actual tendencia a la alza en la demanda de producto que requerirá producto etiquetado.

A pesar de que la necesidad actual es de sólo un 20% del trabajo, como bien se hace mención anteriormente es un porcentaje que espera un incremento a corto plazo debido a una mayor demanda de procesos para el departamento.

**Tabla XI. Análisis económico, para dos líneas de producción**

Evaluación II: Análisis de horas extras						
No. Personas	Hr. Día	Hr. Extras	Hr. Ocio	Prod. Ordinaria	% Prob.	Prob. Hr. Extra
4	180	232	0	192 procesos	80%	46
8	360	0	488	238 procesos	100%	0

Fuente: elaboración propia

Para la segunda situación, que es referente a tener dos líneas de trabajo, se puede observar como no es necesario contratar horas extras laborales, pero también es notoria la cantidad tiempo de ocio generado por 8 personas; el equivalente a 1 mes de trabajo completo de 2 personas.

Es posible justificar el tiempo de ocio a través de la posibilidad de que el departamento de etiquetado cubra este tiempo de ocio con otra serie de actividades que actualmente sub-contrata por hacerla, la cual es la creación de ofertas de temporada.

También es necesario considerar el decremento que este tiempo de ocio tendrá con forme vaya incrementando la demanda de trabajo.

### 3.5.1.1. Análisis de rentabilidad

A continuación se analiza la rentabilidad de ambas propuestas utilizando un criterio de costo-beneficio.

Tabla XII. **Análisis de rentabilidad, para una y dos líneas de producción**

<b>Evaluación I: Análisis económico</b>						
<b>No. Personal</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Pago hrs. Extras</b>	<b>Pagos administrativos</b>	<b>Capacidad de Producción</b>	<b>Total a pagar</b>	<b>B/C(Q/Uní)</b>
<b>4</b>	7944	2,879.70	1986	203 Procesos	12,809.70	<b>Q51.02</b>
<b>8</b>	15888	0	3972	360 Procesos	19,860.00	<b>Q48.22</b>

Fuente: elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en la tabla X, podemos concluir que es más rentable aumentar las líneas de producción a dos líneas, debido a su tendencia al aumento en artículos y volumen de productos que requerirán maquila. Así mismo podemos observar que al contar con dos líneas de producción, el costo-beneficio es menor que cubrir el aumento de trabajo con una sola línea que trabaje horas extras.



#### **4. IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE PROCESO BASADO EN UN SISTEMA DE LLEGADAS Y SALIDAS**

Para el manejo del factor de utilización se usarán dos servidores, realmente si el promedio de llegadas es menor al número promedio de salidas para dos servidores; el factor de utilización  $\rho$  determinará valores menores a 1 y donde el término para  $n = 0$  para los valores de la probabilidad cuando no existen productos en cola llevará al valor correcto de 1 debido al manejo matemático y determinación de que  $n! = 1$  cuando  $n = 0$ , o sea, que no existen productos en cola.

Donde

- a. El número de llegadas promedio por unidad de tiempo es de  $\lambda = 1.06$  artículos por hora
- b.  $\mu$  son 1.42 productos por hora el número promedio de productos atendidos por unidad de tiempo en una estación. Ver tabla II apéndice No 1
- c. El número de servidores para el estudio es  $s = 2$

El factor de utilización  $\rho$  servirá a los encargados de verificar el tráfico de productos en el área de distribución a tener un mejor control de la cola, para medir la carga de productos.

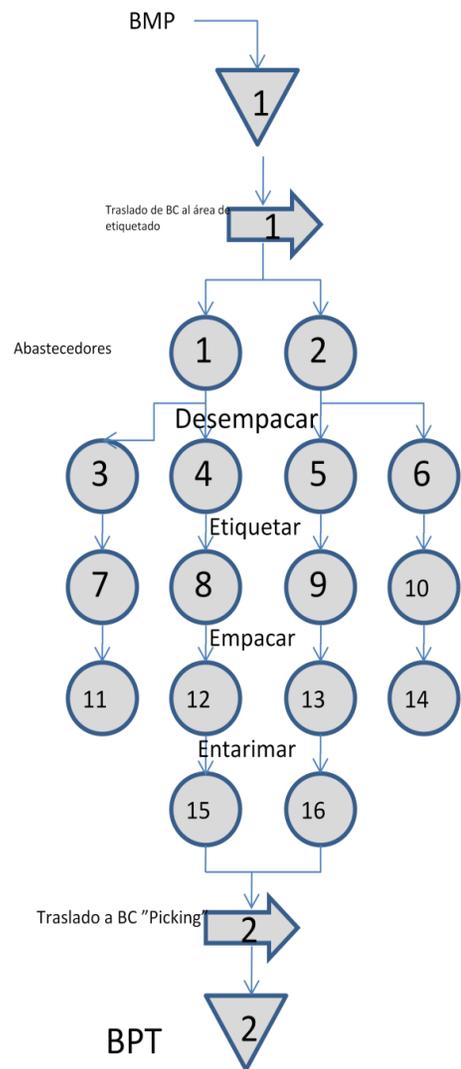
#### **4.1. Reestructuración del proceso**

Para la implementación de dos líneas de producción será necesario la modificación del diseño y diagrama de recorrido del proceso pero el flujo del producto se conserva igual al método actual de trabajo; a continuación se presentan los diagramas de recorrido y flujo de los procesos del método propuesto.

## Diagrama de flujo de proceso

Empresa: Ninoshka S.A.  
Departamento: Bodega Principal  
Producto: Artículos de distribución  
Realizado: Mario Raúl Chicas  
Inicio: Bodega Principal "Stock"

Hoja: 1/2  
Método: Propuesto  
Fecha: 05/006/10  
Método: Actual  
Finaliza: Bodega Principal  
"Picking"



Empresa: Ninoshka S.A.  
Departamento: Bodega Principal  
Producto: Artículos de distribución  
Realizado: Mario Raúl Chicas  
Inicio: Bodega Principal "Stock"

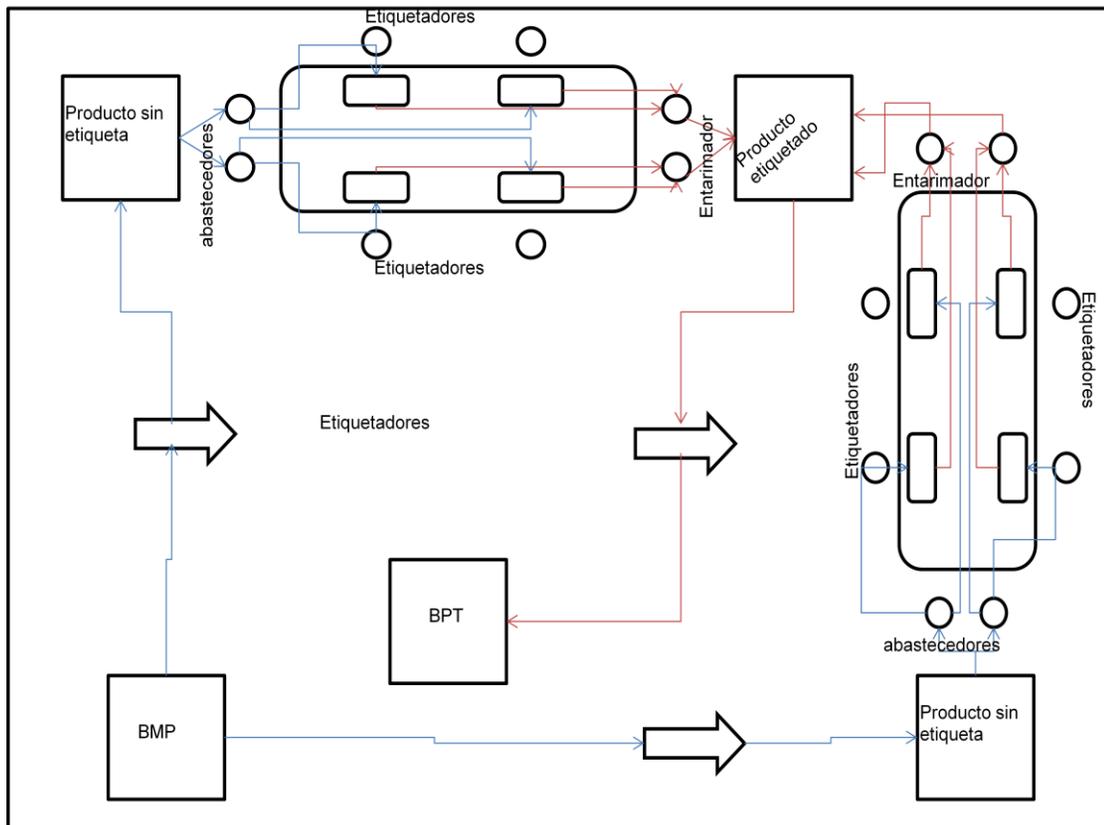
Hoja: 2/2  
Método: Propuesto  
Fecha: 20/05/10  
Método: Actual  
Finaliza: Bodega Principal  
"Picking"

<b>Resumen</b>		
Operación	Cantidad	Descripción
	2	Almacenaje
	2	Traslado
	16	Operación

## Diagrama de recorrido.

Empresa: Ninoshka S.A.  
Departamento: Bodega Principal  
Producto: Artículos de distribución  
Realizado: Mario Raúl Chicas  
Inicio: Bodega Principal "Stock"

Hoja: 1/1  
Fecha: 20/05/10  
Método: Actual  
Finaliza: Bodega Principal  
"Picking"



Para la implementación de un nuevo sistema de operación para dos líneas de trabajo será necesaria la modificación de varios procesos paralelos al proceso de etiquetado.

Entre los procesos que deberán ser analizados se encuentra la producción y existencia en inventario de etiqueta, la planificación de trabajo en forma mensual para coordinar el orden en que se trabajaran los diferentes productos y por último el rediseño de la nueva planta de operación.

A continuación se detalla cada una de las actividades mencionadas en el párrafo anterior.

#### **4.1.1. Proceso de maquila**

Será necesaria la creación de un plan de trabajo anticipado a la operación de producto etiquetado para garantizar la existencia de inventario de las etiquetas necesarias para poder identificar los diferentes tipos de productos.

La producción de etiquetas es necesario que sea exacta y oportuna; esto quiere decir que debe de producirse la cantidad exacta que será utilizada para la identificación del producto en el tiempo adecuado para que esté en forma simultánea al requerimiento de la misma.

Para ello se debe crear un plan de trabajo de las operaciones diarias del departamento de etiquetado en el que el departamento de producción pueda apoyarse y anticiparse a la operación de etiquetado.

Tabla XIII. Ejemplo de planificación semanal

LUNES		MARTES	
cantidad a maquilar	Producto	cantidad a maquilar	Producto
1680	Energy	1680	Energy
360	Pop corn lovers 28	360	Pop corn lovers 28
180	Pop corn butter	180	Pop corn butter
10,800	Twix	512	Kinder t-12
396	canola 9/48	960	Nutella 750
5 f	canola 9/64	7 f	Skittles wild berry
65 f	chunky beef 375	5 f	Ferrero t-16
34 f	det orix 180	41 f	canola 4/1
23 f	Poltry 1.5	33 f	Ener AAA4
2 f	Energizzer D4	24 f	LC chunky un gravy beef
3 f	Nerd VB rope	23 f	Original 1.5
4 f	Gobstoper	5f	NAT VA STRAW. YOU 6
5 f	NAT VA VAR PACK 6 BA	3 f	Spree chewy punch
2 f	Orbit buble mint	3 f	Wrigles Spearmint

Fuente: elaboración propia

#### 4.1.1.1. Planificación de operaciones del departamento de etiquetado

Para la planificación de las operaciones del departamento de etiquetado será necesario analizar la rotación de inventarios con el fin de determinar la necesidad real diaria o semanal de producto en inventario, también es necesario determinar la capacidad de producción de las dos líneas de trabajo y por último la creación de un plan de trabajo mensual basado en los datos anteriores que permita mantener un *stock* en inventario de producto listo para despacho.

A continuación se presenta un ejemplo de calendarización de actividades para un mes “X” basado en los datos obtenidos en el capítulo 3, sobre la capacidad de producción de las dos líneas de trabajo y haciendo uso de los datos obtenidos en el tiempo estándar podemos determinar el tiempo que requiere cada artículo en el proceso.

Tabla XIV. Ejemplo de planificación Mensual

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Semana 1	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Bc Davil food 8640 Skittles Original 396 Wesson canola 9/48 5760 Snicker Almond	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 16810 Monster Kahos 12600 Milky Way 5376 Ferrero T-3	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 11520 Snicker 1680 Lo carb 864 Snicker mini 8640 Skittles Tropical	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 960 Nutella 750 11520 M & M Peanut 33 Tic Tac 96 u.	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1152 Bc. French vainilla 8640 Swittles W B 4800 Energizer AA2
Semana 2	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 8640 Swittles W B	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 11520 M & M Plain	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davil food 900 BBQ original 840 Monster Kahos	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1500 Nutella 350	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 1904 Mentos Fruta 11520 Snicker Almond
Semana 3	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 8640 Skittles Original 4320 Swittles W B 4320 Swittles Tropical	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 Canola 9/48	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 960 Nutella 750 952 Mentos Fruta 11520 M & M Peanut 12600 Milky Way	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davil food 1152 Bc. Yellow 864 Snicker mini 2400 Energizer AA2	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1680 Monster Kahos 2688 Ferrero T-3
Semana 4	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 M & M Plain	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 11520 Snicker 8640 Skittles Original 1500 Nutella 350	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Eveready AA2 1152 Bc Davil food 1904 Mentos Fruta 432 Snicker mini	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 33 Tic Tac 96 u.	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 5760 M & M Peanut

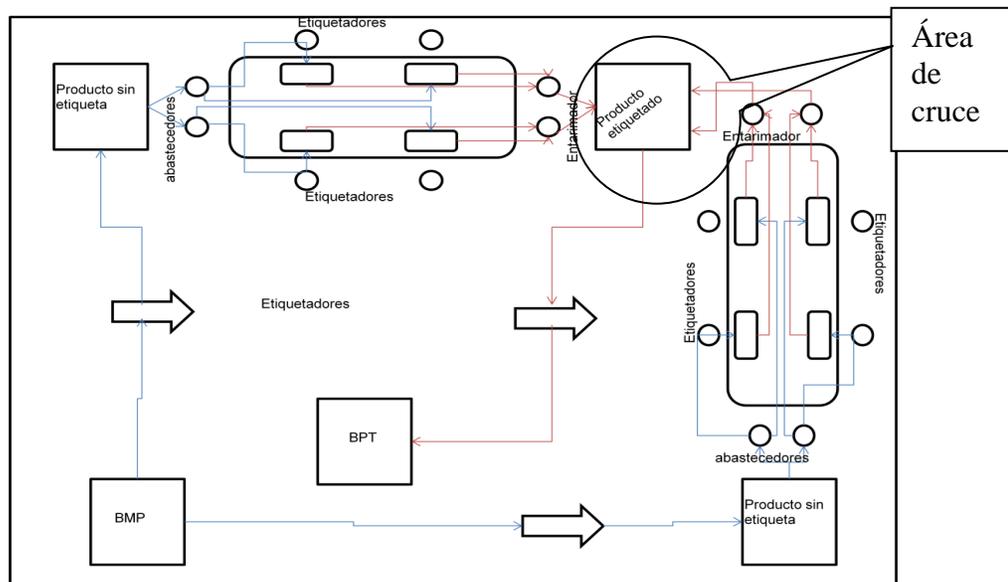
Fuente: elaboración propia

#### 4.1.1.2. Diseño de la planta para dos líneas de trabajo

Para la adaptación de la planta para dos líneas de trabajo es necesario considerar dos opciones, la primera es para operaciones simultáneas y un mismo artículo en proceso y la segunda es para operaciones simultáneas y diferentes artículos en proceso.

Para la primera opción es posible la implementación de un área física cruzada en la que ambas líneas de producción terminarían su proceso partiendo de dos líneas diferentes de abastecimiento y con personal operativo independiente; esto quiere decir que ambas líneas estarán completas y que cada línea contara tanto con su abastecedor como con su entarimador de producto terminado.

Figura 27. Diseño de planta para una misma operación

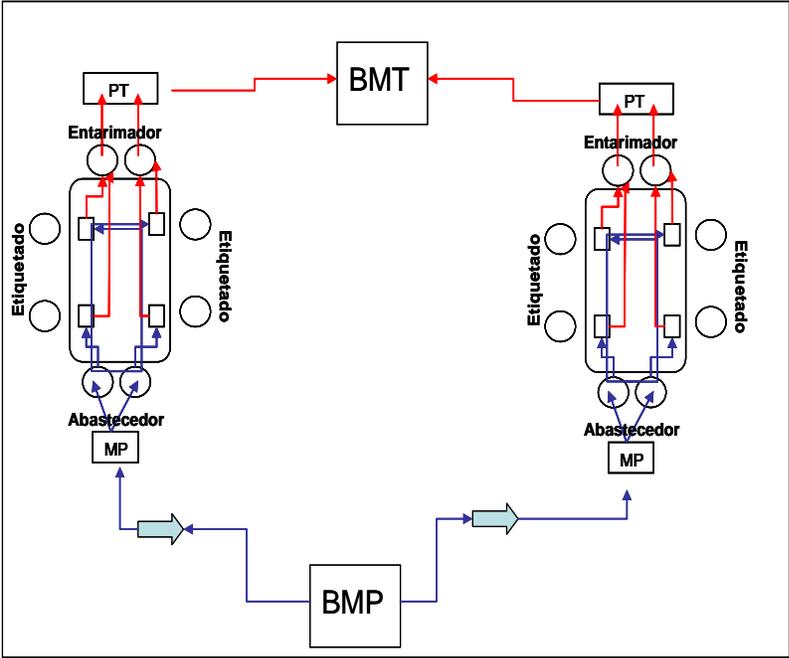


Fuente: elaboración propia

Para la segunda opción es necesario que siempre en forma simultánea e independiente las líneas trabajen con su propia línea de abastecimiento pero con la diferencia de que en este caso cada línea tiene que estar aislada de la otra ya que se trata de productos diferentes y pueda ser que con un proceso diferente, lo que debe redundar en dos salidas de productos en el departamento.

Queda claro que no necesariamente ambas líneas terminaran su proceso al mismo tiempo, pero si es posible que operen al mismo tiempo independientemente; al concluir con una tarea es posible iniciar con otro artículo sin que esto se vea afectado por el proceso de la otra línea de trabajo o viceversa.

Figura 28. **Diseño de planta para diferentes operaciones**



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.2. Rendimiento del proceso

Con el método propuesto, para dos líneas de producción en el proceso de etiquetado de productos se espera mejorar la eficiencia de la línea a un 150% esto representa un aumento al 200% del rendimiento y la capacidad actual.

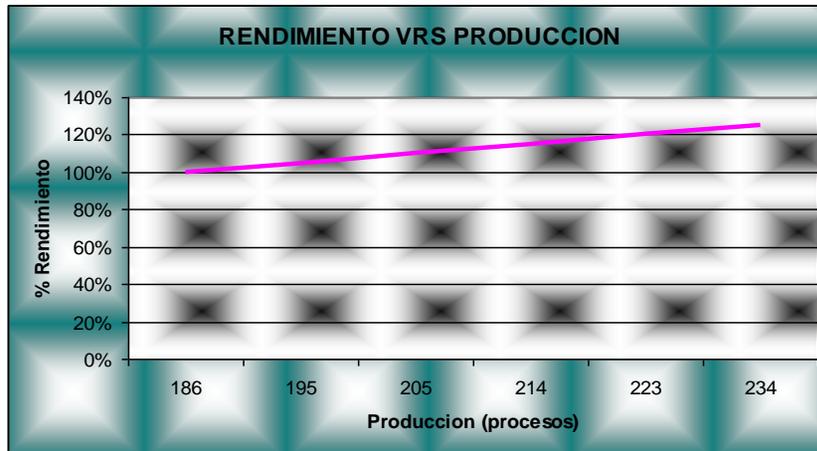
Para demostrar cómo tanto el rendimiento, la capacidad como el beneficio costo por unidad se ven involucrados en este aumento, a continuación se presentan las gráficas comparativas entre cada factor vrs la producción realizada mensual.

Tabla XV. Rendimiento para 1 lineal Vrs. producción

<b>Rendimiento</b>	<b>Capacidad Producción</b>
100	186
105	195
110	205
115	214
120	223
125	234

Fuente: elaboración propia

Figura 29. Rendimiento vrs producción, para 1 lineal de trabajo



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.3. Capacidad del proceso

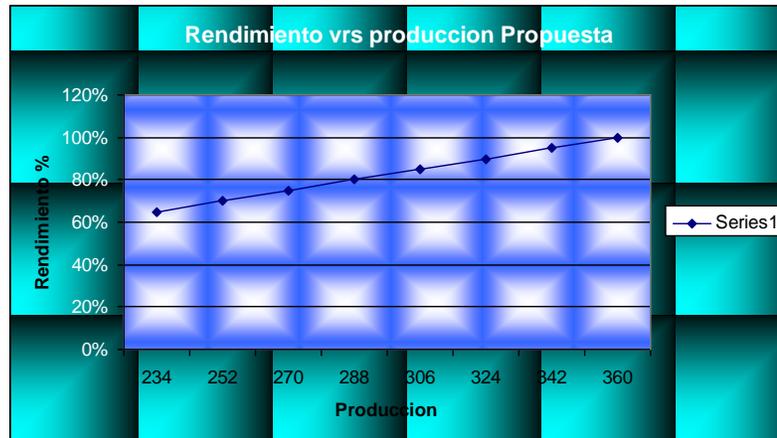
A continuación se muestra gráficamente como la capacidad del proceso para dos líneas de producción alcanza su máxima eficiencia a medida que la producción aumenta.

Tabla XVI. Rendimiento para 2 lineal Vrs. producción

Capacidad Producción	Rendimiento
234	65%
252	70%
270	75%
288	80%
306	85%
324	90%
342	95%
360	100%

Fuente: elaboración propia

Figura 30. Rendimiento Vrs. producción, para 2 lineal



Fuente: elaboración propia

#### 4.1.4. Tiempo de funcionamiento de proceso

La línea de etiquetado de artículos tiene una jornada de trabajo de 8 hr. diarias y 44 semanales; lo que da un total de 192 hrs. productivas al mes de los cuales solamente el 65% será utilizado para el proceso de etiquetado de artículos al implementar las dos líneas de etiquetado. Lo que representa que de las 192 hrs. de trabajo solamente 126 hrs. y 45 min. Serán empleados en dicha tarea, las 65 hrs. restantes se emplearán en la elaboración de ofertas y actividades especiales que el departamento realiza.



## **5. SEGUIMIENTO DEL SISTEMA DE COLAS**

### **5.1. Control de planificación**

En el área de etiquetado, luego que el encargado lleve el control del flujo de productos, deberá llevar el control de planificación de acuerdo, con las exigencias que la rotación de inventarios requiera para que sean entregados los productos en el tiempo programados. Para un mejor control, el encargado debe darle seguimiento a las operaciones anteriores en el momento de llegar al área de etiquetado, dando así soluciones a los productos con problemas, antes que estos sean ingresados con el menor atraso posible, dicha coordinación se llevará a cabo juntamente con el encargado de diseñar el plan mensual de trabajo, el cual debe incluir los productos que se etiquetaran día con día y las respectivas cantidades, ya que así se garantizará una mejor fluidez hacia los módulos distribución y despacho.

Dicha planificación se lleva a cabo con información de productos disponibles en el área de distribución (bodega central) los cuales están en las cantidades necesarias a que la demanda lo ha requerido. En dicha planificación se hace necesario de la siguiente información:

- a. Tipo de proceso
- b. Tipo de producto que requiere del proceso
- c. Cantidad requerida
- d. Tiempo que requiere el proceso
- e. Observaciones

Con dicha información se puede tener un panorama más claro de dónde y en que parte del proceso está el producto necesario para cumplir con las expectativas de producto etiquetado en el departamento de etiquetado.

Tabla XVII. Ejemplo de planificación Mensual

Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lunes</th> <th>Martes</th> <th>Miércoles</th> <th>Jueves</th> <th>Viernes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Bc Davilfood 8640 Skittles Original 396 Wesson canola 9/48 5760 Snicker Almond</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 16810 Monster Kahos 12600 Milky Way 5376 Ferrero T-3</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 11520 Snicker 1680 Lo carb 864 Snicker mini 8640 Skittles Tropical</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 960 Nutella 750 11520 M &amp; M Peanut 33 Tic Tac 96 u.</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1152 Bc. French vainilla 8640 Swittles W B 4800 Energizer AA2</td> </tr> </tbody> </table>	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Bc Davilfood 8640 Skittles Original 396 Wesson canola 9/48 5760 Snicker Almond	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 16810 Monster Kahos 12600 Milky Way 5376 Ferrero T-3	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 11520 Snicker 1680 Lo carb 864 Snicker mini 8640 Skittles Tropical	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 960 Nutella 750 11520 M & M Peanut 33 Tic Tac 96 u.	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1152 Bc. French vainilla 8640 Swittles W B 4800 Energizer AA2	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lunes</th> <th>Martes</th> <th>Miércoles</th> <th>Jueves</th> <th>Viernes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 8640 Swittles W B</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 11520 M &amp; M Plain</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 900 BBQ original 840 Monster Kahos</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1500 Nutella 350</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 1904 Mentos Fruta 11520 Snicker Almond</td> </tr> </tbody> </table>	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 8640 Swittles W B	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 11520 M & M Plain	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 900 BBQ original 840 Monster Kahos	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1500 Nutella 350	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 1904 Mentos Fruta 11520 Snicker Almond	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lunes</th> <th>Martes</th> <th>Miércoles</th> <th>Jueves</th> <th>Viernes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 8640 Skittles Original 4320 Swittles W B 4320 Swittles Tropical</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 Canola 9/48</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 960 Nutella 750 952 Mentos Fruta 11520 M &amp; M Peanut 12600 Milky Way</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 1152 Bc. Yellow 864 Snicker mini 2400 Energizer AA2</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1680 Monster Kahos 2688 Ferrero T-3</td> </tr> </tbody> </table>	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 8640 Skittles Original 4320 Swittles W B 4320 Swittles Tropical	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 Canola 9/48	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 960 Nutella 750 952 Mentos Fruta 11520 M & M Peanut 12600 Milky Way	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 1152 Bc. Yellow 864 Snicker mini 2400 Energizer AA2	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1680 Monster Kahos 2688 Ferrero T-3	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Lunes</th> <th>Martes</th> <th>Miércoles</th> <th>Jueves</th> <th>Viernes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 M &amp; M Plain</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 11520 Snicker 8640 Skittles Original 1500 Nutella 350</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 1904 Mentos Fruta 432 Snicker mini</td> <td>3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 33 Tic Tac 96 u.</td> <td>3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 5760 M &amp; M Peanut</td> </tr> </tbody> </table>	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 M & M Plain	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 11520 Snicker 8640 Skittles Original 1500 Nutella 350	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 1904 Mentos Fruta 432 Snicker mini	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 33 Tic Tac 96 u.	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 5760 M & M Peanut
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes																																							
3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Bc Davilfood 8640 Skittles Original 396 Wesson canola 9/48 5760 Snicker Almond	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 16810 Monster Kahos 12600 Milky Way 5376 Ferrero T-3	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 11520 Snicker 1680 Lo carb 864 Snicker mini 8640 Skittles Tropical	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 960 Nutella 750 11520 M & M Peanut 33 Tic Tac 96 u.	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1152 Bc. French vainilla 8640 Swittles W B 4800 Energizer AA2																																							
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes																																							
3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 8640 Swittles W B	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 11520 M & M Plain	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 900 BBQ original 840 Monster Kahos	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1500 Nutella 350	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 1904 Mentos Fruta 11520 Snicker Almond																																							
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes																																							
3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 8640 Skittles Original 4320 Swittles W B 4320 Swittles Tropical	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 Canola 9/48	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 960 Nutella 750 952 Mentos Fruta 11520 M & M Peanut 12600 Milky Way	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 1152 Bc. Yellow 864 Snicker mini 2400 Energizer AA2	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 1680 Lo carb 1152 Bc. French vainilla 1680 Monster Kahos 2688 Ferrero T-3																																							
Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes																																							
3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 9360 Eveready AAA2 900 BBQ original 11520 M & M Plain	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 11520 Snicker 8640 Skittles Original 1500 Nutella 350	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 5040 Butter 1152 Bc Davilfood 1904 Mentos Fruta 432 Snicker mini	3360 Energy 5040 Lovers 1024 Kinder T-1 5040 Butter 9360 Eveready AAA2 1152 Bc. Yellow 33 Tic Tac 96 u.	3360 Energy 10080 Lovers 512 Kinder T-1 7800 Eveready AA2 11520 Snicker 960 Nutella 750 5760 M & M Peanut																																							

Fuente: elaboración propia

Tabla XVIII. Tabla de clasificación de proceso

No.	cod	Descripcion	Registro	Ingredientes	Fecha
1	333	SNICKERS	X	X	X
2	2270	MONSTER ENERGY	X	X	X
3	2768	EVER GOLD AA2 A91BP2			
4	361	TWIX	X	X	X
5	2770	EVERE GOLD AAA2 A92B			
6	369	M & M PEANUT	X	X	X
7	380	M & M PLAIN	X	X	X
8	409	SKITTLES	X	X	X
9	316	MILKY WAY	X	X	X
10	417	SKITTLES WILD BERRY	X	X	X
11	818	SNICKERS ALMOND	X	X	X
12	281	TIC TAC MENTA	X		
13	414	SKITTLES TROPICAL	X	X	X
14	282	TIC TAC NARANJA	X		
15	1146	SKITTLES SOUR SINGLES	X	X	X
16	280	TIC TAC HIERBABUENA	X		
17	371	M & M PLAIN CHOCOLATE TUBO	X	X	
18	274	FERRERO ROCHER T3 144--274	X	X	
19	1180	TIC TIC CANELA	X	X	
20	1751	POP CORN LOVERS 28	X	X	
21	337	SNICKERS KING SIZE	X	X	X
22	1134	KINDER BUENO T10	X	X	
23	2271	MONSTER LO-CARB	X	X	
24	529	RING POP A GRANEL	X	X	
25	2757	ENER MAX AA2 E91BP-2			
26	1158	PUSH POP	X	X	
	2987	B. CR SUP DAV FOOD			
27	2769	EVER GOLD AA4 A91BP4			
28	2430	MONSTER KAHOS	X	X	X
	2990	B CR SUP YELLOW			
29	2761	ENERGIZER MAX AAA2 E92BP2			
30	816	NUTELLA FRASCO 350 GRS	X	X	
	2986	B CR FRENCH VAINILLA			
31	2463	CLAMATO VIDRIO 10ONZ	X	X	
32	1750	POP CORN BUTTER 28	X	X	
33	1994	NUTELLA FRASCO 750GRS.	X	X	
34	2923	DET ORIX PR EX 35G	X	X	
35	2896	CLAS TAJIN 150 1/24	X		
36	265	KIND. SORP. T12	X		

Fuente: elaboración propia

### **5.1.1. Seguimiento del tiempo de permanencia del producto en el área de distribución**

Este seguimiento se lleva a cabo de acuerdo con el flujo de productos del área de etiquetado hacia el área de distribución; cada producto tiene un tiempo en el cual debe ser procesado y trasladado hacia los módulos de almacenaje y despacho de la bodega central, llevando una secuencia de tiempo de permanencia en proceso; cada producto tiene un tiempo desde que inició generándose en el sistema un estado de tránsito, hasta que llega devuelta al área de almacenaje.

Para cada proceso los productos inician su tiempo de permanencia en el momento en que ingresan a dicha área para su respectivo procesamiento, y dicho tiempo de permanencia se toma desde la descarga de las existencias en los módulos de despacho hasta el tiempo en que dicho producto deja el departamento de etiquetado e ingresa nuevamente a los módulos de despacho ya etiquetado, iniciando un nuevo tiempo de permanencia para el siguiente proceso. (ver figura No. 30)

## **5.2. Sistemas de control por medio de gráficos de producción**

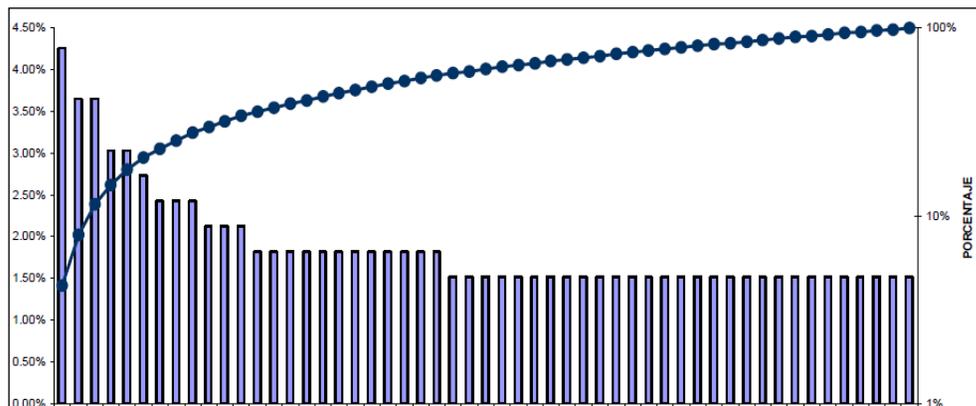
### **5.2.1. Diagramas de Pareto**

Estas herramientas básicas para el control de calidad, se utilizan para localizar los defectos que detienen el flujo del proceso hacia el área de distribución para luego contrarrestarlo y reducir el impacto de atraso.

Cada problema que se observó pudo deberse a causas diferentes. Es imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, se seleccionó el problema más importante, y al mismo tiempo, en un principio, centrarse sólo en atacar su causa más relevante. La idea de este proyecto es que se pueda alcanzar la mejora mayor con el menor esfuerzo.

La idea anterior contiene el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del efecto (el 80%); el resto de los elementos generan muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una empresa sólo unos pocos son realmente importantes.

Figura 31. **Diagrama de Pareto**



Fuente: [www.monografias.com/trabajos47/diagrama-pareto](http://www.monografias.com/trabajos47/diagrama-pareto)

La idea central del diagrama de Pareto es localizar los pocos defectos, problemas o fallas vitales para concentrar los esfuerzos de solución o mejora en éstos. Una vez que sean corregidos, entonces se vuelve a aplicar el principio de Pareto para localizar de entre los que quedan a los más importantes, volviéndose este ciclo una filosofía.

También el diagrama de Pareto apoyó la identificación de las pocas causas fundamentales de los problemas vitales con lo que se podrá reducir de manera importante las fallas y deficiencias en la empresa.

En el área de distribución se han tenido problemas con la calidad de los productos y la distribución de los mismos hacia los módulos de producción, (ver figura No. 13), con lo cual se decide revisar los problemas de las llegadas y salidas de los productos del área para un seguimiento de mejora continua. Para ello, se estratificaron los problemas en el área de distribución por el tipo de categoría a lo que respecta a defectos de calidad en las llegadas al área de distribución, con la idea de localizar cual es el problema principal al que se debe atacar y minimizar el tiempo de reproceso o reparación que este obtenga, y así su flujo sea más continuo.

### **5.3. Cuadro de cumplimiento de entregas por reproceso**

Para dicho cuadro de seguimiento se lleva el control de entregas de los distintos productos que en su momento fueron entregadas a bodega central en sus módulos de almacenajes, así mismo se hace un análisis comparativo de la confianza entre lo procesado en el día y la planificación del día.

Este cuadro se completa para conseguir mejor eficiencia en la búsqueda de soluciones a los problemas que envuelvan a dicho producto.

Para cumplir con las entregas de los diferentes productos que estén con retraso, se instalará una línea de operarios adicional a la ya existente, que se encargara de cubrir la diferencia o déficit de la capacidad actual del departamento y cubrirá cualquier problema o eventualidad que se presente en el área.





## 6. IMPACTO AMBIENTAL

Todas las obras y actividades son susceptibles de provocar cambios en el entorno, pero no por ello debemos paralizar el desarrollo ni eliminar la producción, sino por el contrario, existen cada vez más medios desarrollados a su vez para permitir las actividades siendo respetuosos con el Medio Ambiente. Desde el punto de vista del urbanismo se deben considerar estas situaciones, incluyendo en el paisaje no sólo aquellos elementos que decoran o tienen una función urbanística, sino también aquellas instalaciones que forman parte de la actividad humana y que necesariamente van unidas a ella, como son las instalaciones de depuración y tratamiento, que acompañan al conjunto de viviendas, a las instalaciones industriales y a los polígonos industriales y de comercio.

Por otra parte, la realización de cualquier obra exige un suelo disponible y este está a su vez condicionado por su situación, su calificación y su calidad, que a su vez dependen del uso anterior y su grado de contaminación. Estos son aspectos esenciales de un proyecto, que es necesario abordar antes de proponer su ubicación definitiva.

Por estas razones, cada vez es más necesario que los profesionales que realizan los proyectos conozcan los medios, mecanismos y elementos que deben considerar e integrar en los proyectos para que éstos resulten respetuosos con el medio ambiente.

## **6.1. Contaminantes**

La contaminación es el deterioro del ambiente como consecuencia de la presencia de sustancias perjudiciales o del aumento exagerado de algunas sustancias que forman parte del medio.

Las sustancias que causan el desequilibrio del ambiente se denominan contaminantes y pueden encontrarse en el aire, en el agua y en el suelo.

### **a. Contaminación del aire**

El aire se contamina por la presencia de gases provenientes de vehículos, industrias e incendios forestales. También se contamina con los gases que se desprenden durante la combustión del petróleo y el humo de los cigarrillos. Los principales contaminantes del aire son el monóxido de carbono, el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, además de las partículas de polvo y de metales. Este tipo de contaminación es muy común en las grandes ciudades industrializadas.

### **b. La contaminación del agua**

Las aguas de los mares, ríos y lagos se contaminan por la presencia de residuos fecales, desechos industriales y agropecuarios, detergentes, plaguicidas, derrames petroleros, basura en general, etc. Uno de los sitios donde ocurre comúnmente la contaminación del agua es la playa, debido a que muchos bañistas arrojan basura.

c. La contaminación del suelo.

El suelo se contamina por el uso de fertilizantes y de pesticidas como los plaguicidas, raticidas, insecticidas, etc., los cuales se acumulan con el tiempo. Esto es bastante común en los sembradíos agrícolas donde se usan frecuentemente estos productos. Los suelos también se contaminan con la presencia de basura.

### **6.1.1. Materiales reciclables**

Existen muchos productos que desechamos al no encontrarles ningún valor, uso o utilidad para nosotros, sin embargo muchos de ellos pueden servir para algo distinto que llenar el tarro o bolsas de basura e ir a acumularse y descomponerse en el relleno sanitario o vertedero de nuestros pueblos o ciudades.

Todo material se considera biodegradable, pero muchos tardan hasta siglos en descomponerse. En condiciones óptimas de descomposición (biodegradación), sea presencia de aire (oxígeno), luz solar y humedad.

¿Qué tipo de desechos pueden ser reciclados? Se puede separar la basura con el fin de enviar a reciclar la mayor cantidad posible de materiales. Mientras menos cosas nos sobren, menos basura vamos a acumular. La basura, en el fondo, es aquello que sobra porque ya no es posible darle alguna utilidad. Sin embargo, casi el 100% de lo que tiramos en verdad no es basura: puede reutilizarse; es posible sacarle algún provecho. Muchos de los materiales que tiramos diariamente a la basura son reciclables.

Otros, sin embargo, no lo son debido a su composición, falta de tecnología adecuada, baja demanda o escasez de recursos financieros, como por ejemplo: papeles y trapos sucios, papel plastificado o encerado, algunos residuos hospitalarios y la mayoría de los residuos especiales (tóxicos), entre otros.

Pero a la vez existen muchos elementos que sí pueden ser reciclados. Dentro de los que se pueden reciclar están:

- a. Desechos orgánicos: constituyen la mayor parte de los residuos sólidos domiciliarios, tales como: las heces fecales, los restos de comida, poda de jardines y plazas, desechos de ferias; pueden ser reciclados transformándolos en abono orgánico o compost. Este abono es similar a la tierra de hojas, pero es más nutritivo al ser producto de más elementos orgánicos que se descompusieron
- b. Papeles y cartones: casi todos son reciclables, excepto aquellos que están muy sucios o plastificados. En el proceso de reciclaje se utiliza el papel o cartón como base para la fabricación de nuevo papel. Por ejemplo para cuadernos, envases y embalajes, papel higiénico, toallas de papel y servilletas
- c. Vidrios: es un material duro e higiénico, usado principalmente en botellas y frascos. A través de un proceso de fundición puede ser continuamente reciclado para producir botellas nuevas
- d. Plásticos: es fabricado a partir del petróleo, es un material liviano y resistente que sirve para hacer muchos productos, tales como envases, cañerías, artefactos domésticos; existiendo muchos tipos de plásticos,

sólo algunos de ellos pueden ser reciclados industrialmente, como por ejemplo algunos envases de bebidas

- e. Metales: a nivel de consumo doméstico se usan principalmente para la fabricación de latas o tarros para conservas y bebidas entre otros; pueden ser fabricados de diferentes metales: aluminio, estaño, acero. La producción de estos envases metálicos es bastante más costosa que la del vidrio e igualmente implica usar recursos naturales no renovables y producir contaminación atmosférica y acuática. Actualmente el aluminio está siendo cada vez más usado y su reciclaje también va en aumento

#### **6.1.1.1. Plásticos.**

Los envases plásticos desechables y las envolturas plásticas flexibles son enviados a los botaderos municipales vía los tachos de basura después de cumplida su finalidad de contener o envolver.

Los plásticos convencionales tienen larga duración y eso en el caso de las envolturas es un problema.

¿Cuáles son los plásticos convencionales? El polietileno, polipropileno, poliestireno, poli cloruro de vinilo, poliéster, etc.

¿Cuál es el problema? El problema es que se acumulan en las calles, parques, carreteras, desiertos, bosques, ríos, playas, desagües, etc.

¿Qué alternativas de solución tenemos?

- Reducir el peso de los envases y envolturas. Algo que ya se está haciendo
- Rehusar los envases y envolturas. También ya se está haciendo
- Reciclarlos. Se hace con los que existe rentabilidad comercial
- Incinerarlos. Se puede hacer con todos menos con los clorados. Estos producen compuestos venenosos (dioxinas) o gases de cloro que atacan la capa de ozono. La capa de ozono nos protege de los rayos UV que causan cáncer de piel
- Usar plásticos degradables. Son más caros. Alrededor de 30–50 %
- Incorporar aditivos degradables en los plásticos convencionales  
Aumentan su costo en aproximadamente 10 %

#### **6.1.1.2. Cartón y papel**

Existen tres categorías de papel que pueden utilizarse como materia prima para papel reciclado: molido, desechos de pre-consumo y desecho de post-consumo.<sup>[1]</sup> El papel molido son recortes y trozos provenientes de la manufactura del papel, y se reciclan internamente en una fábrica de papel. Los desechos pre-consumo son materiales que ya han pasado por la fábrica de papel, y que han sido rechazados antes de estar preparados para el consumo. Los desechos post-consumo son materiales de papel ya utilizados que el consumidor rechaza, tales como viejas revistas o periódicos, material de oficina, guías telefónicas, etc. El papel que se considera adecuado para el reciclaje es denominado "desecho de papel"

Figura 32. **Reciclaje, como medida de mitigación**



[www.actiludis.com/wp-content/uploads/2008/12/cartonesgran.jpg](http://www.actiludis.com/wp-content/uploads/2008/12/cartonesgran.jpg)

### **6.1.2. Desechos inorgánicos**

Los principales residuos recuperables son los siguientes:

- a. Papel
- b. Plásticos
- c. Metales
- d. Textiles y cueros
- e. Maderas
- f. Neumáticos fuera de uso (NFU)
- g. Vidrio

### **6.1.3. Efectos de la contaminación ambiental.**

- a. Consecuencias de la contaminación

La contaminación del aire, de las aguas y del suelo afecta a la calidad de vida de las personas. La contaminación ambiental daña la salud de las personas y de otros seres vivos como los animales y las plantas a corto,

mediano y largo plazo. Para evitar la contaminación, es necesario reconocer el efecto particular de los contaminantes del ambiente.

b. Efectos de la contaminación del aire.

El aire contaminado produce enfermedades bronco pulmonares que afectan las vías respiratorias, produce alergias e irritaciones de los ojos y de la piel. Además, el aire contaminado destruye la capa de ozono que protege la Tierra de los rayos ultravioletas provenientes del Sol, produce el smog y aumenta la temperatura ambiental.

c. Efectos de la contaminación del agua

El agua contaminada de los mares, ríos y lagos puede causar la muerte de especies animales y vegetales que allí habitan. Muchas veces, la presencia de productos como los fertilizantes en el agua de mar causa el crecimiento excesivo de unas plantas llamadas algas que entorpecen el desarrollo normal de otros organismos marinos.

Por otra parte, el agua contaminada no es apta para el consumo humano debido a la presencia de sustancias nocivas a la salud y de microorganismos causantes de enfermedades.

d. Efectos de la contaminación del suelo.

El suelo contaminado por la basura puede contribuir a la generación de plagas, insectos y roedores que perjudican la salud de las personas, además de producir olores desagradables. Algunos suelos fértiles se pueden volver pobres para el cultivo de ciertas plantas debido a la acumulación excesiva de

sustancias químicas provenientes de los pesticidas y otros productos de desecho absorbidos por el suelo.

## **6.2. Medidas de mitigación**

Debido a que el contaminante que la empresa a evaluar posee es el papel y cartón se tomará como medida de mitigación de este el reciclaje de papel y cartón ya que esto además de ser una forma de contribuir a reducir la deforestación, es una pequeña fuente de ingreso para el departamento.

### **6.2.1. Reciclaje**

El reciclaje es un proceso fisicoquímico o mecánico que consiste en someter a una materia o un producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. También se podría definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales, macro económico y para eliminar de forma eficaz los desechos.

**Figura 33. Desperdicio de cartón debido al re empaque de producto**



Fuente: [www.google.com/imgres?imgurl=http://fserrano72.blogspot.es](http://www.google.com/imgres?imgurl=http://fserrano72.blogspot.es)

### 6.2.1.1. Cadena de reciclado

La cadena de reciclado posee varios eslabones:

- a. Origen: que puede ser doméstico o industrial
- b. Recuperación: que puede ser realizada por empresas públicas o privadas. Consiste únicamente en la recolección y transporte de los residuos hacia el siguiente eslabón de la cadena
- c. Plantas de transferencia: se trata de un eslabón voluntario o que no siempre se usa. Aquí se mezclan los residuos para realizar transportes mayores a menor costo
- d. Plantas de clasificación: donde se clasifican los residuos y se separan los valorizables
- e. Reciclador final: donde finalmente los residuos se reciclan, se almacenan o se usan para producción de energía

Para la separación en origen doméstico se usan contenedores de distintos colores ubicados en entornos urbanos o rurales:

- a. Contenedor amarillo (envases): en éste se deben depositar todo tipo de envases ligeros como los envases de plásticos (botellas, tarimas, bolsas, bandejas, etc.), de latas (bebidas, conservas, etc.)

- b. Contenedor azul (papel y cartón): en este contenedor se deben depositar los envases de cartón (cajas, bandejas, etc.), así como los periódicos, revistas, papeles de envolver, propaganda, etc. Es aconsejable plegar las cajas de manera que ocupen el mínimo espacio dentro del contenedor
- c. Contenedor verde claro (vidrio): en este contenedor se deposita vidrio
- d. Contenedor verde oscuro: en él se depositan el resto de residuos que no tienen cabida en los grupos anteriores, fundamentalmente materia biodegradable

El reciclaje se inscribe en la estrategia de tratamiento de residuos de las Tres R.

- a. Reducir, acciones para reducir la producción de objetos susceptibles de convertirse en residuos
- b. Rehusar, acciones que permiten el volver a usar un producto para darle una segunda vida, con el mismo uso u otro diferente
- c. Reciclar, el conjunto de operaciones de recogida y tratamiento de residuos que permiten reintroducirlos en un ciclo de vida

#### **6.2.1.2. Consecuencias.**

El reciclaje tiene tres consecuencias ecológicas principales:

- a. Reducción del volumen de residuos, y por lo tanto de la contaminación que causarían

- b. Preservación de los recursos naturales, pues la materia reciclada se reutiliza
- c. Reducción de costes asociados a la producción de nuevos bienes, ya que muchas veces el empleo de material reciclado reporta un coste menor que el material virgen

### **6.2.2. Tratamiento de desechos inorgánicos**

La denominada gestión excelente destina cada residuo a su tratamiento: lo reciclable a reciclaje, lo compostable a compostaje, lo incinerable a la incineración y el resto a vertedero. La clave de la gestión excelente es evitar que vayan a vertederos residuos que se pueden aprovechar por ser reciclables, compostables o combustibles.

Debemos convencernos de que el reciclado es una forma distinta de concebir la vida. Es el respeto por lo perdurable, por lo transformable, por el valor de uso de las cosas. Prácticamente todos los subproductos podrían volver a usarse y evitaríamos sepultar o quemar productos reutilizables.

## CONCLUSIONES

1. Al analizar un sistema de colas con dos servidores y la línea de producción, utilizando técnicas de ingeniería de métodos; se llegó a obtener como resultado que a pesar de que los costos de mano de obra se incrementan considerablemente, es más rentable aumentar las líneas de producción a dos líneas. La mejora se obtiene en el análisis beneficio costo, ya que al alcanzar el 100% de eficiencia de las dos líneas el costo unitario es menor que el costo unitario por unidad generado por una sola línea que trabaja horas extras.
2. Para un mejor flujo de producción se analizaron las operaciones realizadas por el personal de la línea de operación a través del estudio de los diagramas de flujo y recorrido de proceso, y se obtuvo como resultado que no es factible aumentar el número de personas en la línea ya que esto ocasiona torpeza en la misma y tiempos muertos en el personal.
3. Al ingresar a la cola los productos tienen un tiempo promedio de espera en cola, en el sistema actual de 2.07 hrs. para el sistema actual; (2 hrs, 04 min.) y en el sistema propuesto de 0.15 hrs. (9 minutos), reduciéndose considerablemente el tiempo promedio de espera en cola.
4. La fracción del tiempo que ocupan los servidores en atender a un producto en el sistema actual es de 2.77 hrs. (2 hrs., 46 min.) y en el sistema propuesto es de 1.86 hrs. (1 hr. 51 min.)

5. Se ha determinado que el número promedio de productos que esperan en la fila en el sistema actual es de 2.16 productos y en el sistema propuesto es de 0.168 productos.
6. La capacidad de producción actual es de 186 procesos al mes lo que representa el 80% de la demanda requerida. El método propuesto pretende cumplir con 360 procesos al mes, teniendo un rendimiento del 153% de la demanda actual. La justificación de este incremento redonda en la tendencia al alza en procesos requeridos a futuro así como otros procesos paralelos que lleva el departamento que no fueron tomados en cuenta para los cálculos de tiempos y número de procesos.
7. Es necesario crear un sistema planificado y controlado que sea capaz de controlar la rotación de los inventarios y el requerimiento de producto listo para despacho.
8. Para lograr cubrir con el requerimiento de producción, se debe crear una línea paralela de trabajo, con personal capacitado y que realice las tareas simultáneamente a la línea ya existente, ambas líneas de producción estarán conformadas por grupos de cuatro personas y se dividirá la carga que actualmente hace una sola línea con el propósito de reducir el tiempo de proceso.

## RECOMENDACIONES

1. Se requiere de personal para mantener un mejor flujo de producción pues los productos que llegan se encuentran ordenados por tipo de producto y proceso; además son despachados hacia módulos que manejen los productos ya clasificados para una mejor eficiencia en la producción.
2. Se requiere de encargados para verificar que los productos vayan completos y reducir el número de unidades perdidas en el área.
3. Especificar las áreas para la colocación de producto en tránsito por espera de proceso de etiquetado y el que está en tránsito para devolución de producto a los módulos de almacenaje de producto para despacho.
4. Incrementar el número de servidores de los productos que ingresan al área de etiquetado ya que, según proyecciones de ventas, se incrementará el número de productos despachados y exportados hacia los distintos lugares requeridos por los clientes.
5. La implementación de un plan de trabajo para obtener un mejor control de los ingresos y egresos de los productos en el área de etiquetado; para obtener registro real de la producción diaria y darle el seguimiento eficaz que los productos necesitan.
6. Establecer procesos de revisión de trabajo, con el fin de auditar y garantizar que los fardos se encuentran completos y con el producto en buen estado.

7. Establecer un procedimiento para identificar y descargar de los inventarios los productos que se encuentren fuera de los parámetros de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- ARRUÉ ÁLVAREZ, Luis Pedro. “Análisis de puestos y salarios y propuesta de un modelo de evaluación de desempeño”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de Ingeniería Industrial, 2008. 150
- CASTRO ARGUETA, Sandra. “Administración de puestos, salarios y evaluación de desempeño de una empresa de elevadores”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de Ingeniería Industrial, 1997. 125 p.
- HELRIEGEL, Jackson. *Administración*. 9<sup>a</sup>. Edición. Editorial McGraw Hill. México: 2000. 350 p.
- HERNÁNDEZ CARRANZA, Kenneth. “Mejoramiento del tráfico de productos por medio de un sistema de líneas de espera en el área de distribución de una empresa dedicada a la confección”. Universidad de San Carlos de Guatemala, Tesis de Ingeniería Industrial, 2008. 95 p.
- HILLIER, F.S. Y LIEBERMAN, G.J. *Introducción a la investigación de operaciones*. México: McGraw-Hill. 1997. 125 p.
- KAUFMANN, A. *Métodos y modelos de la investigación de operaciones*. Barcelona: CECSA. 1978. 150 p.
- MUNDEL, Marvin E. *Estudio de tiempos y movimientos*. 3<sup>a</sup>. Edición. México: Editorial Continental. 1984. 830 p.