



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS – INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN MODELO DE INVENTARIO Y SIMULACIÓN DE LA LÍNEA
DE PRODUCCIÓN EN ENVASES HP”**

T E S I S

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA**

**PRESENTA:
RENÉ OMAR OLMEDO LÓPEZ**

**TUTOR
PATRICIA BALDERAS CAÑAS
FACULTAD DE INGENIERÍA**

MÉXICO, D. F. MAYO 2013

JURADO ASIGNADO:

Presidente: **Dr. Acosta Flores José Jesús**

Secretario: **Dr. Camacho Galván Abel**

Vocal: **Dra. Balderas Cañas Patricia**

1^{er.} Suplente: **M.I. Aguilar Juárez Isabel Patricia**

2^{do} Suplente: **Dr. Hernández Álvarez Federico**

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Ciudad Universitaria, Facultad de Ingeniería, México D.F.

TUTOR DE TESIS:

Dra. Balderas Cañas Patricia

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

- Agradezco al CONACYT por su apoyo para cursar y terminar una maestría.
- Agradezco a la UNAM por brindarme la oportunidad de cursar una maestría en sus instalaciones. A la Dra. Balderas Cañas Patricia por su apoyo incondicional a lo largo de la maestría y con la culminación de este trabajo. Al Dr. Acosta Flores José Jesús, Dr. Camacho Galván Abel, M.I. Aguilar Juárez Isabel Patricia y al Dr. Hernández Álvarez Federico, por ser parte de mi jurado de examen.
- Agradezco a la empresa MEXTIN por todas las atenciones, apoyo y facilidades que me brindaron para la realización de la maestría, en particular al Dr. Guillermo Villalobos Bautista y al Lic. Federico Vargas Solano, por su apoyo y consideraciones.
- Agradezco a mi familia y en especial a mi madre por su comprensión y amor que me brinda día a día para ser un hombre de provecho.
- Agradezco a la Lic. Irma García Vargas, por ser la razón principal por la cual iniciara una maestría, por estar conmigo en cada momento y ser la persona más importante de mi vida y así haber concluido este sueño.

ÍNDICE	PAG
RESUMEN	7
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
Descripción de la problemática	13
Objetivos	13
Objetivo General	13
Objetivos Específicos	13
Justificación	13
 CAPÍTULO 1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	
1.1 Antecedentes	14
1.2 Misión, Visión, Valores	14
1.3 Situación actual de Envases HP	15
1.4 Ciclo de fabricación de envases	17
1.5 Productos y servicios de Envases HP	18
1.6 Ventajas competitivas	20
 CAPÍTULO 2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	
2.1 Conceptos básicos de inventarios	21
2.1.1 Toma de decisiones	21
2.1.2 Modelación	22
2.1.3 Inventario	22
2.1.4 Tipos de Inventarios	24
2.1.4.1 Inventarios de fluctuación	24
2.1.4.2 Inventarios de anticipación	24
2.1.4.3 Inventarios de transportación	24
2.1.5 Teoría de Inventarios	25

2.1.5.1	Sistemas de Inventarios	25
2.1.5.1.1	Elementos o entidades	26
2.1.5.1.2	Atributos	26
2.1.5.1.3	Relaciones	26
2.1.5.2	Elementos de un sistema de inventarios	26
2.1.5.2.1	Parámetros económicos	26
2.1.5.2.2	Costos unitarios de los artículos	27
2.1.5.2.3	Costos del pedido o de ordenar	27
2.1.5.2.4	Costos por mantener inventario	28
2.1.5.2.5	Costos de agotamiento de existencias	28
2.1.5.2.6	Costos fijos	29
2.1.5.2.7	Proveedores	29
2.1.5.2.8	Tiempo de entrega	29
2.1.5.2.9	Periodo o ciclo de pedido	30
2.1.5.2.10	Demanda	30
2.1.5.2.11	Clientes	31
2.1.5.2.12	Almacén	31
2.1.5.2.13	Planta productiva	31
2.1.5.2.14	Tiempo de abastecimiento	31
2.1.5.2.15	Horizonte de tiempo	32
2.1.5.2.16	Numero de la estrategia de suministros	32
2.1.6	Control de inventarios	32
2.1.6.1	Control físico y contabilidad de los inventarios	33
2.1.6.2	Registro del Inventario	33
2.1.7	Administración de compras	35
2.1.8	Costos	38
2.1.9	Prueba de bondad de ajuste	41

CAPÍTULO 3. IDENTIFICACION DE VARIABLES DENTRO DE ENVASES

HP

3.1	Variables controladas y no controladas del sistema	43
3.2	Sucesos	44

3.3	Instalaciones	45
3.4	Variables de estado	45
3.5	Medidas de ejecución	45
3.6	Variables de decisión	45
3.7	Reglas de operación	45
3.8	Aspectos del sistema real que no se han incluido	45
3.9	Elaboración del modelo	46
3.10	Análisis de los datos de entrada	46
3.11	Descripción del sistema	47
3.12	Descripción del modelo	47
3.13	Pronóstico de la producción	57
3.13.1	Pronostico	57

CAPÍTULO 4. SIMULACION DE LA LINEA DE PRODUCCION DE ENVASES

HP

4.1	Simulación	61
4.2	Línea de Producción	61
4.2.1	Línea de producción de Envases HP	62
4.3	Análisis del sistema de producción por medio de Redes de Petri	63
4.4	Simulación por medio de Promodel	69
4.4.1	Fuentes para generar información para la simulación	69
4.4.2	Formulación del modelo	69
4.4.3	Recolección y procesamiento de la información	71
4.4.4	Construcción de la simulación	72
4.4.5	Construcción del Modelo	85
4.5.	Calendarización de actividades propuesta	87

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	90
--------------------------------------	----

ANEXOS	92
--------------	----

BIBLIOGRAFIA	96
--------------------	----

RESUMEN

Actualmente la mayoría de las empresas se preocupan constantemente por tomar decisiones que les permita optimizar sus resultados de manera que se obtenga el mayor beneficio tanto productivo como económico. Una de estas preocupaciones es el costo de mantener un cierto número de unidades en inventario. La Teoría de Inventarios busca establecer técnicas para minimizar los costos asociados a un esquema de inventario satisfaciendo una demanda. Es por esto, que el Control de Inventarios es una importante herramienta, para la toma de decisiones.

El presente trabajo tiene como objetivo aplicar un modelo de inventario para dar respuesta a una problemática existente en ENVASES HP, que permita facilitar y mejorar la toma de decisiones. Con la aplicación de esta herramienta se decide una propuesta de solución a una insuficiencia real detectada.

Palabras claves: Inventarios, Simulación, Estadística, Investigación de Operaciones, Toma de decisiones, Modelación, Probabilidad, Eficientar.

ABSTRACT

Currently, most companies constantly worry decisions enabling them to optimize their performance so as to obtain the greatest economic benefit both productive. One of these concerns is the cost of maintaining a certain number of units in inventory. Inventory Theory seeks to establish techniques to minimize the costs associated with inventory scheme fulfilling a demand. It is for this reason that the Inventory Control is an important tool for decision making.

This study aims to apply an inventory model for responding to existing problems in ENVASES HP, which will facilitate and improve decision making. With the application of this tool is decided a proposed solution to an actual failure detected.

Keywords: Inventories, Simulation, Statistics, Operations Research, Decision Making, Modeling, Probability, Streamline.

INTRODUCCIÓN

En el ámbito actual de competencia, los métodos tradicionales de toma de decisiones se han vuelto relativamente obsoletos e inoperantes ya que los responsables de dirigir las actividades de las empresas e instituciones se enfrentan a situaciones complejas y dinámicas, que requieren de soluciones rápidas, creativas y prácticas apoyadas en una base de fundamentos sólida. Las empresas se preocupan diariamente por tomar decisiones que les permita optimizar sus recursos de manera que se obtenga el mayor beneficio posible. La constante dificultad de poder tomar estas decisiones, ha hecho que el hombre centre sus esfuerzos en la búsqueda de una herramienta o medio que le permita tomar las mejores decisiones considerando los recursos disponibles y los objetivos que se plantean.

Las herramientas para las decisiones como lo son los modelos matemáticos han sido aplicadas a una amplia gama de situaciones en la toma de decisiones dentro de diversas áreas de la gerencia. En la actualidad se ha incrementado el uso de modelos matemáticos para interpretar y predecir la toma de decisiones más correcta. Dichas aplicaciones incluyen decisiones en los inventarios, pronósticos de ventas, predicciones del impacto, efecto de campañas publicitarias, estrategias para proteger desabastecimiento de inventarios, simulación de líneas de producción, para determinar estrategias óptimas de inversión de portafolios, etc.

La presente investigación se realiza en la empresa ENVASES HP, desde su fundación, fabrica una gran gama de envases en hojalata. Procurando permanecer a la vanguardia nacional, ofreciendo productos competitivos a nivel mundial, con varios objetivos: Lograr el máximo aprovechamiento de los recursos, ofreciendo distintas alternativas de negocio que cubran las exigencias del mercado con un producto de la más alta calidad, que garantice la satisfacción de los clientes, teniendo un firme compromiso de mejora continua. Empresas como ENVASES HP, enfrentan ambientes o situaciones complejas y competitivas, porque el mercado del producto que produce, así lo delimita, por tal motivo el problema actual que aqueja a ENVASES HP, es la pérdida de capital por mal uso del inventario, mala elección de proveedor de materia prima y por no tener un adecuado

sistema de almacenamiento tanto de materia prima como de producto terminado, eso lo expreso gente del almacén que detecta esa problemática en una entrevista previa al inicio de la investigación.

La investigación de operaciones y la Teoría de Inventarios sólo proporcionan información cuantitativa respecto a los tamaños de un lote y a los tiempos óptimos para ordenar, para esto es necesario alimentar los modelos con información que debe provenir de sistemas informáticos y bases de datos diseñadas adecuadamente, de igual forma la solución que generan los modelos debe encuadrarse en una planeación integral que contemple aspectos como son las compras, la calidad, las ventas y en general la dirección de la producción y de la empresa, toda esta maquinaria trabajando de manera coordinada dará como resultado empresas más eficientes en la consecución de sus objetivos y tal vez más dispuestas a participar, propiciar y fomentar el desarrollo socioeconómico de sus empleados.

Con la selección de un modelo de inventarios se alcanzara un adecuada administración de los mismos para hacer más eficiente los procesos de producción y con ello una mejor administración financiera de la empresa. El inventario equilibra (ni sobreproducción, ni maquinaria ociosa) la línea de producción porque algunas maquinas operan a diferentes volúmenes, unas de otras. Una forma de compensar este desequilibrio es proporcionando inventarios temporales. Los inventarios de materias primas, productos semiterminados y productos terminados, absorben la variabilidad de las ventas o los volúmenes de producción. Lo anterior es una razón para el estudio del control de inventarios de la empresa en cuestión.

Los inventarios de materia prima dan flexibilidad al proceso de compra de la empresa. Sin ellos, la empresa se ve en la situación de comprar la materia prima estrictamente necesaria para mantener el plan de producción, es decir, comprando y consumiendo. Por tal motivo se pretende estudiar el sistema de forma individual analizando tanto los inventarios de materias primas como los inventarios de productos terminados.

El control de inventario apropiado puede minimizar desabastecimiento de materiales, por lo tanto reducir el capital de la empresa. Adicionalmente posibilita a la empresa a producir los envases en proporciones más económicas, minimizar el costo general de producción. Un buen modelo de inventarios nos permitirá atenuar brechas temporales entre oferta y demanda, contribuir a la disminución de los costos de producción, proporcionar una forma de "almacenar" trabajo; por ejemplo, fabricar más cantidades de envases ahora, y liberar trabajo después, proporcionar un rápido servicio al cliente. La toma de decisiones en el control de inventarios tiene un impacto significativo en la productividad y desenvolvimiento de las empresas, de no ser así el costo sería perjudicial y económicamente insostenible, por tener gran cantidad de recursos ociosos.

Otra herramienta importante de la que se hará uso para mejorar la productividad de ENVASES HP, es la implementación de una simulación de la línea de producción por medio de un software llamado Promodel ®. Los parámetros que se pueden manipular por medio de este software son: tiempos de entrega, producción, tiempo por terminal, número de piezas por minuto, etc. Facilitando de esta forma la elaboración de un modelo que represente las condiciones a las que se sometería una empresa. El término simulación hace referencia a una amplia colección de métodos y aplicaciones que imitan el comportamiento de sistemas reales, normalmente mediante una pc y con el software adecuado. La simulación es un instrumento de análisis extraordinariamente versátil y flexible que aspira a construir un modelo análogo al real, para que las medidas y observaciones efectuadas sobre él puedan ser utilizadas para predecir las respuestas del sistema real.

La simulación proporciona la posibilidad de estudiar sistemas complejos que no pueden ser fácilmente modelados analíticamente. Habitualmente, tales sistemas son de naturaleza aleatoria, lo que implica generar fenómenos estocásticos y analizar estadísticamente las observaciones generadas por el modelo de simulación para estimar el comportamiento de las medidas de interés. Por tal motivo se pretende aplicar esta técnica a la línea de producción de ENVASES HP y sacar un pronóstico del rendimiento máximo de tal línea.

La organización del siguiente trabajo está dividida en la siguiente forma:

CAPÍTULO 1. Descripción de la empresa

CAPÍTULO 2. Conceptos fundamentales.

CAPÍTULO 3. Identificación de variables dentro de ENVASES HP.

CAPÍTULO 4. Simulación de la línea de producción de ENVASES HP.

Conclusiones y recomendaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES:

- Determinar por medio de un modelo el funcionamiento de los inventarios para reducir costos y tiempo.
- Establecer un modelo de simulación de la línea de producción, para establecer un pronóstico de rendimiento y productividad y con ello reducir pérdida de capital.
- Elaborar una propuesta de calendarización de actividades con base en un manejo de inventarios óptimo, en el pronóstico del rendimiento y productividad de los procesos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Hacer más rápida la rotación de las existencias en almacén, tanto de materias primas como de producto terminado.
- Presentar algunos métodos que ayuden a lograr una buena administración en los inventarios y una relación eficiente de ellos con la Administración Financiera.
- Hacer una representación grafica por medio de la simulación, de la línea de producción y detectar los problemas potenciales, dándole una solución.

JUSTIFICACIÓN:

Se pretende dar respuesta a la sentida necesidad de apoyo teórico administrativo a la empresa ENVASES HP, con el fin de resolver los constantes problemas de inventarios que presentan y el derrame innecesario de capital; para tratar de subsanarlo.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

1.1 ANTECEDENTES.

La presente investigación se realiza en la empresa ENVASES HP, dedicada a la fabricación de envases de hojalata y lámina, muy diversos. La empresa ha procurado permanecer a la vanguardia nacional, ofreciendo estos productos de manera competitiva a nivel mundial, cumpliendo los siguientes objetivos: tener un buen uso de los recursos económicos, ofrecer alternativas que satisfagan eficazmente la demanda de envases (en cuanto a cantidad y modelo), fabricar los envases con la más alta calidad, lograr la satisfacción de los clientes, tener un firme compromiso de mejora continua.

En opinión de los tomadores de decisiones, analizando las aéreas importantes de la empresa como lo es producción, y almacén, el problema actual que aqueja a ENVASES HP, es la pérdida de capital por mal uso del inventario; mala elección del proveedor de materia prima debido a los manejos en cuanto a tiempos de entrega y costos de materias primas y por no tener un adecuado sistema de almacenamiento tanto de materia prima como de producto terminado, planes de producción inadecuados que generan inventarios de mayor magnitud (producción de tapas que no se utilizan, costos de oportunidad). Por tal motivo se pretende adecuar, usar un modelo de inventarios, para optimizar costos y producción, (para la reducción de costos y tiempos relacionados con materias primas).

1.2 MISIÓN, VISIÓN.

Misión

- Líder en la producción y venta de envases, utilizando tecnología de punta con altos estándares de calidad.
- Innovar en la presentación de alternativas de envases y para nuestros clientes.

Visión

Ser una empresa nacional de clase mundial, que busca superar las expectativas de sus clientes; comprometida con el medio ambiente y la comunidad. Buscando en todo momento el desarrollo y satisfacción personal de los colaboradores y sus familias, logrando que nuestros empleados se sientan orgullosos de pertenecer a esta empresa.

Valores

- Colaboración y disponibilidad para el trabajo en equipo.
- Actitud de servicio.
- Creatividad y buen juicio en la aportación de ideas.
- Respeto.

1.3 SITUACIÓN ACTUAL DE ENVASES HP.

Investigación y desarrollo:

ENVASES HP realiza inversiones continuas para mantenerse a la vanguardia en tecnología de punta, trabajando en equipo con su personal técnico para encontrar las mejores soluciones en situaciones de envasado de sus productos. Otorga una importancia estratégica a la formación de un capital humano de alto nivel proveyendo la capacitación continua a su personal.

Producción

La constante reconversión tecnológica coloca a ENVASES HP a la vanguardia en maquinaria y procesos de producción ya que trabaja sólo con fabricantes de equipos de calidad mundial.

Asesoría y planeación

Para asegurar el éxito de cualquier requerimiento de los clientes de ENVASES HP, se involucra al cliente desde el inicio de su problemática, asesorándolo para determinar qué solución es la más conveniente para su problema; si un envase de línea puede funcionar con ventajas de rapidez y economía, si no es así se le ofrece otro previendo y evitando las posibles dificultades que pudieran surgir en el proceso de diseño del nuevo envase, en su proceso de fabricación y en la implementación del envase en la línea de llenado para lograr los mayores niveles de eficiencia. Para este análisis integral de una solución se procede analizar y determinar los requerimientos necesarios del cliente, se evalúan las alternativas posibles, se plantea un proyecto y se desarrolla conforme a las especificaciones funcionales.

Mapa físico del lugar

La planta baja esta dividida en varias secciones, a la entrada se localiza el área de carga y descarga de materia prima y producto terminado, del lado derecho se localiza el área de soldeo de tapas y el comedor, de frente del lado izquierdo esta el área de maquinarias, al fondo un taller y racks de almacenamiento de materias primas, del lado derecho se localizan los racks de partes y producto terminado.

Planta baja

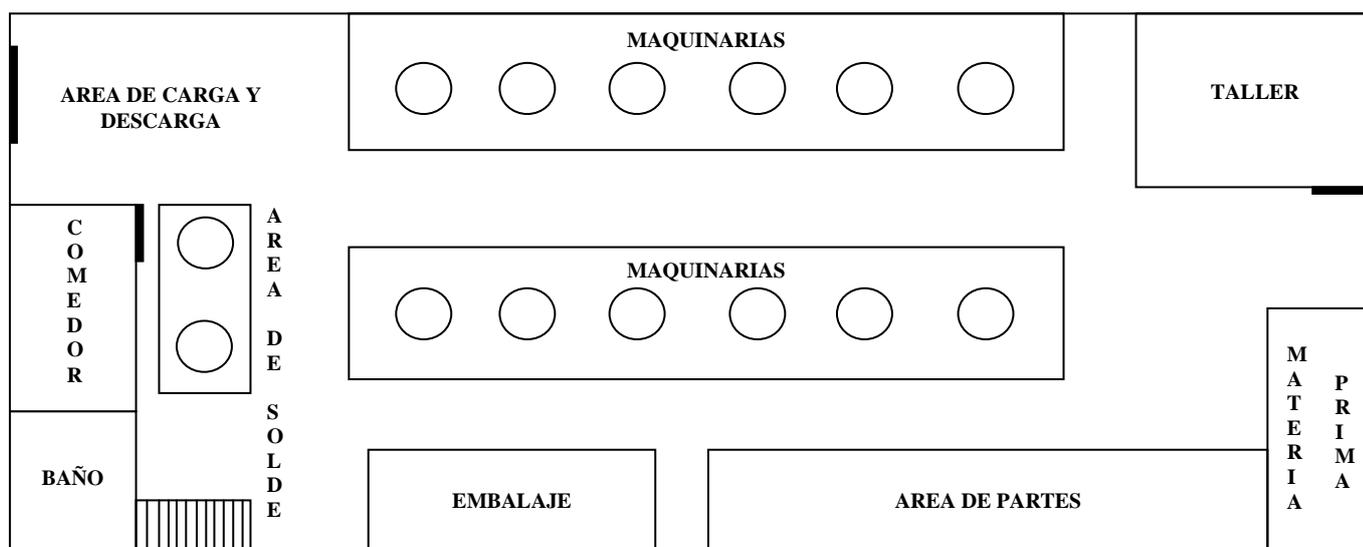


Fig 1.1 Elaboración del autor

Primer piso

En el primer piso únicamente está situada un área de oficinas.



Fig. 1.2 Elaboración del autor

1.4 CICLO DE FABRICACIÓN DE ENVASES

En el caso de la empresa en estudio, la distribución de planta está dividida en cuatro secciones: maquinaria, almacén de partes, almacén de materia prima y productos terminados. El ciclo esencial de elaboración de un envase, se ilustra en la figura 1.2.1. En primer lugar, se recibe la materia prima en forma de lámina, se documenta y controla en el sistema de inventario del almacén, la materia prima pasa por un proceso de transformación para crear las piezas bases del envase (tapa, boquilla, cuerpo y base), se arma el envase, se guarda en almacén como producto terminado y se separa según características de almacenamiento, se empaqueta y se entrega al cliente. La empresa ofrece un sin número de productos de la más alta calidad bajo especificaciones de cada cliente, al igual que distintas capacidades de almacenamiento. Esta investigación se enfoca en el envase de mayor demanda, el de 125 ml.

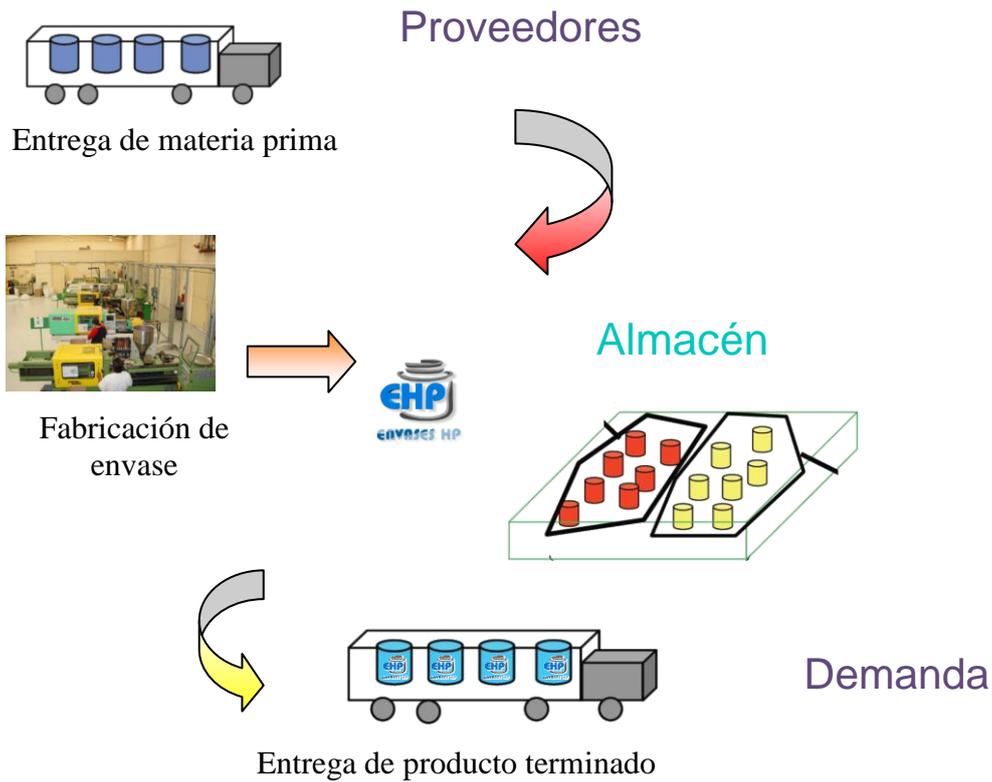


Fig. 1.2.1 Pasos principales en el proceso de fabricación de un envase

1.5 PRODUCTOS

Los productos de línea se describen en la siguiente tabla; la primera columna corresponde a la capacidad en litros de cada envase, seguida de la capacidad en pulgadas y centímetros del diámetro del cuello de la boquilla del bote, posteriormente la altura total del bote incluyendo la boquilla y finalizando con el número de piezas por empaque de cada presentación de bote.

CAPACIDAD LT	DIMENSIONES EXTERIORES			PIEZAS POR PAQUETE
	Diámetro pulgadas	Diámetro centímetros	ALTURA cm. (Incluyendo la boquilla)	
75 ml	2.11	5.36	6.15	850
90 ml	2.11	5.36	6.63	800
125 ml	2.11	5.36	8.58	600
250 ml	2.66	6.76	9.55	375

Tabla 1.0 Características de las presentaciones de los envases de línea

Bote con tapón de rosca (4piezas)

En la siguiente figura se muestra el despiece de un bote tipo T1, el cual muestra las dimensiones de la boquilla del bote, la altura total, y la altura por cuerda.

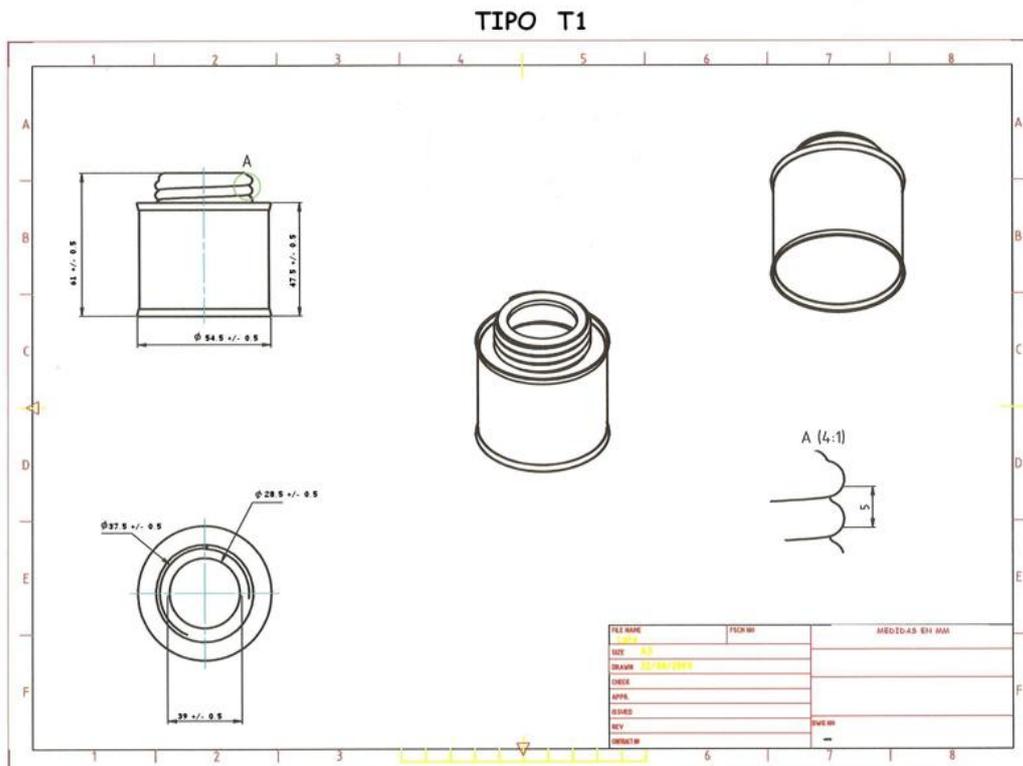


Figura 1.3 Bote de 4 piezas, con capacidad de 1lt, ½ lt, ¼ lt, 1/8 lt, 1/16 lt

Tapa

La figura muestra las especificaciones de la tapa, como el número de cuerdas, altura y características especiales del moleteado de la misma.

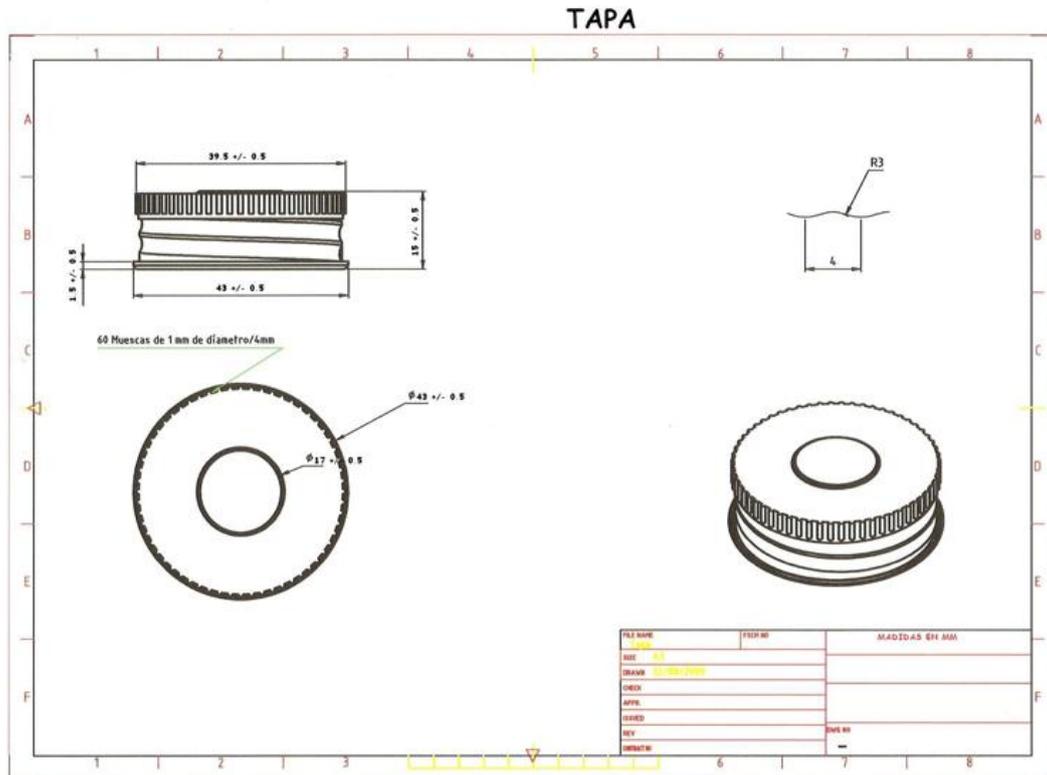


Figura 1.4 Tapa con rosca a 3 cuerdas

1.6 VENTAJAS COMPETITIVAS

A diferencia de otras marcas el envase de HP presenta una tapa más alta, lo que permite una mejor manipulación en el abrir y cerrar del bote, la tapa contiene un mayor número de hilos para dar mayor facilidad de manejo, sello mas grueso y de material que no es atacado por el producto para dar mejor sellado (hermeticidad), aplicador fabricado con acero de alto brillo para evitar oxidación, la borla aplicadora esta diseñada para cada medida de bote y por ultimo el diseño de la base esta hecho de tal forma que resiste mas los aplastamientos.

CAPÍTULO 2

CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE INVENTARIOS.

El control de inventarios tiene por objetivo determinar el nivel más económico de inventarios en cuanto a materiales, productos en proceso y productos terminados. Un buen control de inventarios permite:

- Disponer de cantidades adecuadas de materiales y/o productos para hacer frente a las necesidades de la empresa.
- Evitar pérdidas considerables en las ventas.
- Evitar pérdidas innecesarias por deterioro u obsolescencia o por exceso de material almacenado.
- Reducir al mínimo las interrupciones de la producción.
- Reducir los costos en: Materiales ociosos, mantenimiento de inventarios, retrasos en la producción, derechos de almacenaje, depreciación.

El impacto de un buen sistema de inventarios puede ser muy cuantificable, ya que afecta directamente a los costos y se presenta una reducción dentro de los mismos.

2.1.1 Toma de decisiones

La toma de decisiones es el proceso mediante el cual se realiza una elección entre las alternativas o formas para resolver diferentes situaciones de la vida, estas se pueden presentar en diferentes contextos: a nivel laboral, familiar, sentimental, empresarial (utilizando metodologías cuantitativas que brinda la administración), etc., es decir, en todo momento se toman decisiones, la diferencia entre cada una de estas es el proceso o la forma en la cual se llega a ellas. La toma de decisiones consiste básicamente, en elegir una alternativa entre las disponibles, a los efectos de resolver un problema actual o potencial, (aún cuando no se evidencie un conflicto latente).

Para tomar una decisión, no importa su naturaleza, es necesario conocer, comprender, analizar un problema, para así poder darle solución; en algunos casos por ser tan simples y cotidianos, este proceso se realiza de forma implícita y se soluciona muy rápidamente, pero existen otros casos en los cuales las consecuencias de una mala o buena elección puede tener repercusiones en la vida y si es en un contexto laboral en el éxito o fracaso de la organización, para los cuales es necesario realizar un proceso más estructurado que puede dar más seguridad e información para resolver el problema. Las decisiones nos atañen a todos ya que gracias a ellas podemos tener una opinión crítica.

2.1.2 Modelación

La modelación tiene como objetivos: alcanzar un entendimiento común de los procesos con el menor esfuerzo posible, poder realizar un análisis económico y un análisis de costos de procesos individuales, mejorar la calidad de los procesos y optimizar la producción.

2.1.3 Inventario:

Un inventario es un conjunto de recursos útiles que se encuentran ociosos en un momento de tiempo y tienen la característica de satisfacer una demanda futura.

Los inventarios constituyen una herramienta para que las organizaciones logren una ventaja competitiva. Surgen de la necesidad de desacoplar los procesos de una organización para que sus diferentes etapas funcionen casi en forma independiente unas de otras y propicien flexibilidad en la toma de decisiones. En específico, el inventario es un amortiguador entre dos procesos: el abastecimiento y la demanda, el abastecimiento constituye una entrada al inventario y la demanda una salida.

Mínima inversión en inventarios.

Cuidando que, con un nivel mínimo de existencias garantice la satisfacción oportuna del cliente interno o externo.

Con la problemática planteada al inicio, es necesaria una cuidadosa planeación para determinar el nivel óptimo de inventario que permita la satisfacción del cliente y la eficiencia de operación de la organización. El nivel del inventario es la variable a manipular para cumplir los objetivos. El inventario es necesario debido a las diferencias en las tasas y los tiempos entre el abastecimiento y la demanda, estas diferencias se pueden presentar por política de la empresa o bien por la incertidumbre con que se presenta la demanda y la oferta.

Dentro del sistema de manejo de inventarios intervienen políticas que sirven para regular aspectos como:

Escasez: cuando se conoce la demanda futura de un artículo y se puede confiar en las entregas puntuales de un proveedor, se pueden colocar pedidos de tal forma que satisfaga la demanda sin necesidad de un inventario. Sin embargo, la incertidumbre en la demanda o en los tiempos de entrega puede ocasionar escasez si no se mantiene un inventario suficiente, la posibilidad de escasez cuando la demanda o el tiempo de entrega son inciertos es un argumento a favor de mantener grandes inventarios.

Aprovechar las economías de escala: al solicitar grandes cantidades un negocio puede obtener sus abastecimientos a un costo inferior, así mismo el negocio colocaría menos pedidos, lo que ahorraría esfuerzos y costos administrativos implicados en cada orden.

Mantener un flujo de trabajo continuo en medio de producción de múltiples etapas: Cuando las tasas de producción varían en diferentes etapas, una compañía que mantiene inventarios de trabajo en proceso puede mantener operaciones continuas, cada departamento puede funcionar de manera más independiente cuando tiene acceso a inventarios de trabajo en proceso.

Para el control de inventarios se usan, desde métodos muy sencillos como tarjetas perforadas, niveles de pedido y de reposición, kardex de entrada y salida; hasta técnicas más complejas como la investigación de operaciones.

2.1.4 Tipos de Inventarios

Los inventarios se pueden clasificar de varias formas dependiendo de la función a desarrollar, estos son de la siguiente forma:

2.1.4.1 Inventarios de fluctuación

Son inventarios en los cuales la cantidad, el ritmo de las ventas y de producción no pueden predecirse con exactitud. Estas fluctuaciones en la demanda y oferta pueden componerse con el stock de reserva o stock de seguridad, nombres usuales para inventarios de fluctuación. Los inventarios de fluctuación, llamados stock de estabilización pueden incluirse en el plan de producción de manera que los niveles de producción no tengan que cambiar para enfrentar las variaciones aleatorias de la demanda.

2.1.4.2 Inventarios de anticipación

Los inventarios de anticipación, son inventarios hechos con anticipación a las etapas de mayor venta, a programas de promoción comercial o a un periodo de cierre de la planta. Básicamente los inventarios de anticipación sirven para futuras necesidades y limitan los cambios en tasas de producción.

2.1.4.3 Inventarios de transportación

Los inventarios de transportación existen por que el material debe moverse de un lugar a otro. El inventario depositado en un camión y que se va a entregar a un almacén puede estar encaminado hasta 10 días, mientras el inventario se encuentra en camino, no puede tener una función útil para los proveedores o los clientes, existen exclusivamente por el tiempo de transporte. Su función principal es mantener el flujo de trabajo constante, lo cual se logra haciendo independientes la operación de los sistemas esto se logra utilizando de manera estratégica los inventarios.

2.1.5 Teoría de inventarios

La Teoría de Inventarios, al ser una rama de la Investigación de Operaciones implica la aplicación del método científico para la solución de problemas de las organizaciones; la aplicación de dicho método conlleva la realización de un análisis de sistemas que permita identificar las características de la organización, el planteamiento del modelo apropiado a la situación y la solución del modelo que consecuentemente deberá ser la solución a un problema real asociado con los inventarios. En forma muy particular la teoría de los inventarios busca determinar la magnitud de los recursos ociosos formulando un modelo matemático que describe el comportamiento del sistema de inventarios y deriva una política óptima que indica el cuándo y cuánto conviene reabastecer.

El objetivo matemático que se pretende al buscar la solución de un problema de inventarios consiste en optimizar una función de eficiencia sujeto a un conjunto de restricciones, las cuales pueden minimizar los costos totales del sistema, tomando en consideración las variables a satisfacer como: la demanda, la capacidad de almacenamiento, la capacidad de producción.

La creación de un sistema adecuado de inventarios puede proporcionar información adicional referente a la calidad de los artículos, costos por proveedor, cumplimiento de los proveedores, etc. Con dicha información se pueden tomar decisiones más adecuadas para responder a las preguntas: ¿qué ordenar?, ¿cuánto ordenar?, ¿cuándo ordenar?, ¿a quién ordenar?.

2.1.5.1 Sistema de Inventarios

A partir del concepto general de sistema podemos establecer que un sistema de inventarios es un conjunto de elementos que están interactuando para la satisfacción de una demanda y que simultáneamente buscan la optimización de los costos. Un sistema se conforma básicamente por:

2.1.5.1.1 Elementos o entidades

Los elementos o entidades son todos los componentes del sistema, sujetos u objetos.

2.1.5.1.2 Atributos

Los atributos son las características o propiedades asociadas a cada elemento del sistema.

2.1.5.1.3 Relaciones

Las relaciones son los vínculos que se dan entre elementos y atributos de estos.

2.1.5.2 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE INVENTARIOS

Los elementos fundamentales que se deben considerar en el análisis del sistema de inventarios son:

2.1.5.2.1 Parámetros económicos

Los parámetros económicos se refieren a los costos asociados al sistema de inventarios, junto con la demanda son los elementos más importantes que se consideran para la construcción del modelo de inventarios, porque el modelo se construye como una función de la cantidad a ordenar, los costos, la demanda y la tasa de producción. Los parámetros económicos se describirían como:

- Costos unitarios de los artículos de compra.
- Costos de pedido o de ordenar.
- Costos de tenencia del inventario.
- Costos de agotamiento de existencias.
- Costos fijos.

2.1.5.2.2 Costos Unitarios de los Artículos

Costo unitario, precio de compra o de producción, es la cantidad que se paga por cada unidad cuando se realiza un abastecimiento de artículos y si estos se compran al exterior (al proveedor), cuando el abastecimiento se realiza a partir de otro departamento de la misma organización (autoabastecimiento) el costo unitario puede tener componentes tales como:

- Mano de obra directa e indirecta.
- Materiales directos e indirectos.
- Gastos generales

El costo unitario puede ser una constante o bien ser variable en función de los volúmenes de compra o de producción; de igual forma el costo puede ser variable o dinámico a través del tiempo. El costo unitario es de especial interés para el modelo cuando está sujeto a descuentos ya que en estas condiciones influye en la determinación del tamaño económico de un lote de compra o producción, en caso contrario sólo se puede considerar para determinar el costo global del sistema y no para determinar la cantidad óptima de cada orden.

2.1.5.2.3 Costos de Pedido o de Ordenar

Costos de ordenar, de pedir, hacer una compra o de organizar una tanda de producción, son los costos asociados con el reabastecimiento del inventario. Estos costos se presentan sólo cuando se hace un pedido de compra o una orden de producción. Cuando se efectúa una orden de compra el costo de ordenar tiene los siguientes componentes:

- Costos administrativos.
- Costos de oficina y papelería.
- Costos por el despacho y trámite del pedido.
- Costos de transporte.
- Costos de inspección al recibir la orden.
- Sueldos al personal involucrado

Cuando se efectúa una orden de producción el costo de ordenar tiene los siguientes componentes:

- Costo de mano de obra para realizar la tanda de producción.
- Costo de materiales utilizados para realizar la tanda de producción.
- Costo de ajustes necesarios para la iniciar producción.
- Costos de los tiempos ociosos durante la realización de la producción.

2.1.5.2.4 *Costos por mantener el Inventario*

Costo de mantenimiento o de inventario, es el costo que se genera por mantener un nivel dado de inventarios disponible y varía con el nivel y periodo de tiempo que se mantiene el inventario, los costos de inventario se dan en unidades monetarias por unidad guardada durante un tiempo (\$/unidad/ tiempo), incluyen todos los gastos en que incurre la empresa por el volumen de inventario que lleva, se incluyen en el costo de tenencia de inventario los siguientes costos:

- Costos de almacenamiento (renta, calefacción, refrigeración, vigilancia, equipo de manejo, registros, etc.).
- Costos por el deterioro, obsolescencia y mermas.
- Costos por impuestos, depreciación y seguros.
- Costos del capital invertido en el inventario.
- Costos Administrativos.
- Salarios.
- Perdida por robo.

2.1.5.2.5 *Costos de Agotamiento de Existencias*

Costo de agotamiento de existencias, penal o de faltantes, son los costos que se generan por no contar con el producto cuando este es solicitado y al retraso en satisfacer la demanda, significa que el faltante que no se suministro oportunamente deberá ser satisfecho más adelante (pedidos pospuestos) con costos adicionales implicados. Los costos de faltante varían directamente con la cantidad de faltante y el retardo de tiempo (\$ / unidad / tiempo) y se compone de los siguientes elementos:

- Costos por emplear sustitutos.
- Multas por incumplimiento.
- Costos de los tiempos extras para reponer el déficit.
- Costos extras administrativos y de oficina.
- Costos de apresuramiento.
- Costos especiales de manipulación.
- Costos especiales de empaque y transporte.
- Costos por reproceso

2.1.5.2.6 Costos Fijos (k)

Son aquellos costos que no varían con ninguna línea de conducta disponible en un problema específico de decisión. Estos costos fijos son costos de amortización, para el problema de decisión en cuestión y pueden ignorarse; se relacionan con un proceso de producción o de orden, pero que son independientes de la cantidad que se produzca o de orden.

2.1.5.2.7 Proveedores:

- Artículos que manejan.
- Tiempos de entrega.
- Tiempo de abastecimiento.

2.1.5.2.8 Tiempo de Entrega (L)

Tiempo de entrega, tiempo de adelanto, tiempo de atraso o tiempo líder es el lapso de tiempo que transcurre entre el momento que se ordena un artículo o se decide fabricar éste y el momento en que se recibe o concluye la orden, este tiempo puede ser:

- Determinístico.
- Constante.
- Variable.
- Probabilístico

2.1.5.2.9 *Periodo o Ciclo de Pedido (t)*

Es el tiempo que transcurre entre dos órdenes consecutivas, se identifica también por el periodo de tiempo entre la colocación de los pedidos sucesivos, este puede iniciarse como sigue:

- *Revisión Continua:* Se toma una decisión (cuanto comprar o producir) cuando el nivel de inventario alcanza un cierto valor. El registro de nivel de inventario se monitorea continuamente hasta que se alcanza el punto de reorden (o de nuevo pedido) especificado en donde se coloca un nuevo pedido.
- *Revisión Periódica:* Se toma una decisión (cuanto comprar o producir) cada que ha transcurrido un periodo de tiempo prefijado. Los pedidos se colocan en intervalos regulares de tiempo.

2.1.5.2.10 **Demanda (D)**

La demanda es el número de unidades requeridas en un periodo; no el número de unidades vendidas. Muchas veces se vende menos de lo que se demanda, porque no existe suficiente inventario.

La demanda puede ser:

Determinística: Las cantidades pedidas para periodos futuros se conocen con certeza, a su vez esta demanda puede ser *constante* o *variable*:

Constante o estática: No cambia su valor a través del tiempo.

Variable o dinámica: Puede tomar valores diferentes a través del tiempo.

Probabilística: Las cantidades pedidas para periodos futuros no se conocen con certeza pero pueden describirse en términos de distribuciones de probabilidad.

Dependiente: La demanda de un producto es dependiente cuando el nivel de su utilización está sujeto al uso de otro producto; por ejemplo, si la demanda de automóviles es de 10 unidades, entonces la demanda de parabrisas es también de 10

unidades. La técnica que se analizará para esta situación es la Planeación de Requerimiento de Materiales (MRP.)

Independiente: La demanda de un producto es independiente cuando el nivel de su utilización no está sujeto a la utilización de otro producto; por ejemplo, en una tienda de abarrotes, la demanda de dulces es independiente de la demanda de cigarros. La técnica que se analizará para esta situación son los modelos de cantidad económica de pedido (EOQ).

2.1.5.2.11 Clientes:

- Artículos que requieren.
- Demanda de los artículos

2.1.5.2.12 Almacén:

- Capacidad disponible.

2.1.5.2.13 Planta productiva:

- Velocidad de producción.
- Capital disponible para adquisiciones.

2.1.5.2.14 Tiempo de Abastecimiento

El tiempo de abastecimiento es el lapso de tiempo que transcurre desde que inicia la entrada al almacén hasta que concluye; puede ser cero y dar origen a un abastecimiento instantáneo o bien mayor a cero y dar origen a un abastecimiento uniforme.

- *Abastecimiento instantáneo:* se da cuando los artículos se compran a fuentes externas.
- *Abastecimiento uniforme:* se da generalmente cuando los artículos se producen dentro de la organización.

2.1.5.2.15 *Horizonte de Tiempo (n)*

El horizonte de tiempo define el periodo sobre el cual el nivel de inventario debe ser controlado. El horizonte puede ser finito o infinito dependiendo de la naturaleza de la demanda.

2.1.5.2.16 *Número de la Categoría de Suministro.*

Un sistema de inventarios puede tener varios puntos de aprovisionamiento en vez de un sólo punto. A menudo estos puntos se organizan de tal forma que un punto es una fuente de suministros para otros puntos. Este tipo de estructura puede repetirse en varios niveles del sistema Producción - Distribución, donde el punto de demanda puede de nuevo convertirse en un nuevo punto de suministro. A este esquema se le denomina “Sistema Multicategoría”.

2.1.6 *CONTROL DE INVENTARIOS*

El control de inventarios tiene por objetivo determinar el nivel más económico de inventarios en cuanto a materiales, productos en proceso y productos terminados. Un buen control de inventarios permite:

- Disponer de cantidades adecuadas de materiales y/o productos para hacer frente a las necesidades de la empresa.
- Evitar pérdidas innecesarias por deterioro u obsolescencia o por exceso de material almacenado.
- Reducir al mínimo las interrupciones de la producción.
- Reducir los costos en: Materiales ociosos, mantenimiento de inventarios, retrasos en la producción, derechos de almacenaje, depreciación.

El impacto en un buen control de inventarios puede ser muy cuantificable, ya que afecta directamente a los costos y se presenta una reducción dentro de los mismos, estos costos se mencionan a continuación.

2.1.6.1 *Control físico y contabilidad de los inventarios*

Se puede efectuar un registro del inventario sobre una base perpetua o sobre una base periódica. El registro perpetuo consiste en registrar cada operación del inventario cuando ocurre o inmediatamente después. De esta forma un registro perpetuo es en tiempo real de las transacciones tales como: cantidad en los pedidos, cantidad en inventario, cantidad asignada a producción (pero que todavía se encuentra en el inventario), y cantidad disponible para asignación. Este registro perpetuo es de suma importancia para la administración del punto de reorden.

En un sistema de inventarios sobre una base periódica, el inventario es contabilizado a intervalos fijos, y al término de este intervalo se actualiza el registro del inventario disponible. La cantidad a ordenar está en función a la cantidad del inventario y el uso esperado.

2.1.6.2 *Registro del inventario:*

Un registro del inventario contiene información de carácter tanto variable como permanente. La información variable se va modificando al pasar cada transacción mientras que la permanente cambia solo en ciertas ocasiones. La información permanente incluye datos como:

1. Numero de parte.
2. Nombre de la parte.
3. Descripción.
4. Ubicación del almacenamiento.
5. Punto de orden (si es aplicable).
6. Tiempo de obtención.
7. Inventario de seguridad.
8. Proveedores y sus clasificaciones.
9. Costo.
10. Rendimiento.
11. Grupo (si lo hay) al cual pertenece el artículo.

12. Ensamblajes en los cuales se utiliza el artículo (si hay alguno).
13. Vida de estante.
14. Requerimiento de control de lote.
15. Sustitutos (si lo hay).
16. Clasificación del artículo.

Mientras que la información variable puede incluir:

1. Cantidades ordenadas, las fechas de orden, fechas debidas y el número de orden de producción o de compra.
2. Cantidades recibidas, las fechas y el número de orden de producción o de compra.
3. Balance disponible.
4. Cantidades emitidas, la fecha y el número de orden de producción o de embarque.
5. Cantidades asignadas, la fecha y el número de orden de producción o de embarque.
6. Cantidades emitidas asignadas previamente.
7. Balance disponible.
8. Identificación de lote.

Parte num.	B281		Cantidad fabricada	400		Proveedores				
Nombre	Tapa Bote 75mm		Punto de Orden							
Localización	B-3		Tiempo guía	1 Semana						
Clase	B		Rendimiento	1						
Grupo	12		Vida en estante	N/A						
Sustitutos	NINGUNO		BCR *	N/A						
Usado en	Bote 75mm		Costo	\$0.20						
Descripción	Tapa Bote 75mm		Inventario de seguridad	300						
Fecha	Ordenado		Recibido		Emitido		Balance	Asignado		Disponible
	Orden No.	Cantidad	Orden No.	Cantidad	Orden No.	Cantidad		Orden No.	Cantidad	Cantidad

Figura 2.1. Ejemplo de registro de Inventario

* Requerimientos de control de lote.

Una información inexacta de los registros en los inventarios conllevan a lo siguiente:

1. Inventario en exceso de algún artículo debido a órdenes prematuras.
2. Desabastos, retrasos en los departamentos de ensamble y de fabricación de partes.
3. Incremento de tiempos extras, instalaciones adicionales y despachos aumentados.
4. Informaciones mensuales o trimestrales inexactas sobre utilidades o pérdidas.
5. Sobre planeación para garantizar existencias, lo que lleva a inventarios excesivos y una elevada obsolescencia.

Los puntos necesarios para poder obtener registros exactos del inventario son:

1. Una actitud apropiada por parte de la administración.
2. Designar con claridad a las personas específicamente responsables del mantenimiento de la exactitud de cada actividad de registro.
3. Proporcionar las herramientas para minimizar errores.
4. Proporcionar instrucciones y capacitación.
5. Establecer metas de exactitud y después medir el desempeño.
6. Registro de auditoría, así como determinar y corregir las causas determinantes de cada uno de los errores.

Por su parte la administración debe dar la pauta al demandar registros exactos. Así el personal de fabricación, de inventarios y de compras responde de la misma forma cuando sus supervisores demandan exactitud. La capacidad adecuada del personal es relativamente de poco costo; en cambio, la capacidad inadecuada puede resultar muy costosa.

2.1.7 ADMINISTRACION DE COMPRAS

Las compras son fundamentales por dos factores principalmente: primero, compras tiene un papel clave para poder llevar a cabo los objetivos de planeación de operaciones y del control referente a calidad y costos. Segundo, los artículos comprados o la materia prima constituye el 30% a 60% del costo de los artículos vendidos. La tarea de compras es establecer las relaciones con proveedores confiables que tengan la capacidad

suficiente para producir partes de buena calidad a precios razonables y puedan entregarlas a tiempo.

El departamento de compras tiene la función de tener en stock todos los artículos y servicios que requiere la organización.

Los artículos comprados comprenden las siguientes categorías:

1. Equipo y servicio a clientes.
2. Material y servicio estándar de oficina, para el mantenimiento y la fabricación.
3. Materiales, componentes y suministros para la fabricación de un producto.

Compras de materiales y componentes

Los objetivos de la compra de materiales y componentes son:

1. Mantener una continuidad de suministros según un programa.
2. Proporcionar materiales y componentes que cumplan y superen un nivel específico de calidad.
3. Obtener los artículos que se necesitan al más bajo costo posible y consistente con los requisitos de envío y calidad.

Estos objetivos es posible obtenerlos por medio del seguimiento de las siguientes actividades:

- Evaluación y aprobación de los vendedores.
- Obtención de cotizaciones.
- Negociación de entregas y precios.
- Preparación de órdenes de compra.
- Determinación de compromisos de capital para compras.
- Seguimiento de las órdenes de compras, planeadas y abiertas.
- Determinación de la cantidad de órdenes y tiempos de emisión de las mismas.
- Procesamiento exacto de recibos.

Evaluación del comportamiento del proveedor

Calidad:

La calidad se mide en términos de porcentaje de artículos que satisfacen las especificaciones de calidad. En la actualidad se espera que haya menos de cinco partes malas por millón, un comportamiento de calidad de 99.5% se puede calcular de la siguiente forma:

La calidad es igual al número de unidades aceptadas entre el número de unidades recibidas dentro del proceso.

$$QL = \frac{\textit{Unidades aceptadas}}{\textit{Unidades Recibidas}}$$

Entrega:

Un buen desempeño en la entrega significa que una orden debe de llegar en el minuto, hora o día exacto en que se requieren. Esto se puede calcular de la siguiente forma:

$$DL = \frac{\textit{Suma de puntos ganados}}{\textit{Suma de puntos posibles}}$$

Los puntos se obtienen de la siguiente forma, donde el puntaje máximo es 100 y el mínimo es 0, tomando el 100 como una entrega de material a tiempo y posteriormente bajando el puntaje que va en lapsos de 2 días de retraso., hasta llegar a 0.

Ordenes: Retrasadas (adelantadas)	Puntos
A tiempo (hasta 3 días adelantados)	100
1 a 2 días retrasados (4 a 6 días adelantados)	80
3 a 5 días retrasados (7 a 15 días adelantados)	50
6 a 10 días retrasados (16 o mas días adelantados)	30
Mas de 10 días retrasados	0

Cantidad:

Los proveedores pueden entregar a tiempo, aunque en algunas ocasiones menos de lo ordenado. La tolerancia puede variar para diferentes tipos de materiales y componentes, la cual se calcula de la siguiente forma:

$$QN = \frac{\textit{Suma de puntos ganados}}{\textit{Suma de puntos posibles}}$$

2.1.8 COSTOS

Como se expuso en las páginas de la 26 a la 29, en esta sección se describen aspectos esenciales en la estimación de parámetros.

Costos de pedir

Cada vez que se adquiere un lote de materias primas de un proveedor, se incurre en un costo para el procesamiento del pedido de compra, para su seguimiento, para llevar a los registros y para la recepción del pedido en el almacén. Cada vez que se produce un lote en producción, se incurre en un costo por cambio al pasar la producción de un producto al siguiente. Mientras mayor sea el tamaño de los lotes, más inventario se mantendrá, pero al momento de pedir menos veces durante el año, los costos anuales de pedir serán inferiores.

Costos por faltantes

Cada vez que se presenta un nivel bajo o faltante en el inventario de materias primas o de productos terminados, se puede incurrir en costos. En el inventario de productos terminados, los costos por faltantes pueden incluir los clientes insatisfechos. En un inventario de materias primas, los costos por faltantes pueden incluir el costo de alteración a la producción e incluso a veces ventas perdidas y clientes insatisfechos. Para tener una protección contra faltante se puede mantener un inventario adicional, conocido como existencia de seguridad.

Costos de adquisición

En el caso de materiales comprados, adquirir lotes más grandes puede incrementar los inventarios de materias primas, pero los costos unitarios pudieran resultar menores debido a descuentos por cantidad y a menor costo por flete y manejo de materiales. En el caso de materiales producidos, lotes de tamaños más grandes incrementan los inventarios en proceso y de productos terminados, pero los costos unitarios promedio pudieran resultar inferiores, ya que los costos por cambio de maquinaria se distribuyen sobre lotes más grandes.

Costos de calidad por arranque

Cuando se inicia la producción de un lote, el riesgo de que resulten muchas piezas defectuosas es grande. Los operarios pueden estar aprendiendo, quizás no se alimenten los materiales correctamente, las máquinas necesitan ajuste y deberá producirse una cierta cantidad de producto antes de que la situación se estabilice.

De similar forma al no tener un control de inventarios adecuado, puede incurrirse en un aumento de costos en ciertos rubros, estos costos son:

Costo de almacenar

Los intereses sobre la deuda, los intereses no aprovechados que se ganaría sobre ingresos, el alquiler del almacén, el acondicionamiento, calefacción, iluminación, limpieza, mantenimiento, protección, flete, recepción, manejo de materiales, impuestos, seguros y administración son algunos de los costos en que se incurre para asegurar, financiar, almacenar, manejar y administrar mayores inventarios.

Costo de sensibilidad hacia los clientes

Grandes inventarios en proceso obstruyen los sistemas de producción. Aumenta el tiempo necesario para producir y entregar los pedidos de los clientes, y disminuye la capacidad de respuesta a cambios en los pedidos de los clientes.

Costo de coordinar la producción

Dado que los inventarios grandes obstruyen el proceso de la producción, se necesita más personal para resolver problemas de tránsito, resolver problemas relacionados con el congestionamiento de la producción y coordinar programas.

Costo de un rendimiento sobre la inversión disminuido

Los inventarios constituyen activos e inventarios grandes reducen el rendimiento sobre la inversión. Un rendimiento reducido sobre la inversión incrementa el costo financiero de la empresa al aumentar las tasas de interés sobre la deuda y reducir el precio de las acciones.

Costos por reducción en la capacidad

Los inventarios representan una forma de desperdicio. Materiales pedidos, conservados y producidos antes que sean necesarios desperdician capacidad de producción.

Costo por calidad en lotes grandes

La producción de lotes de producción grandes da como resultado inventarios grandes. En algunas ocasiones ocurre algo malo y gran parte de un lote de producción resulta defectuoso. En ese tipo de situación los lotes de menor tamaño pueden reducir la cantidad de productos defectuosos.

Costos de los problemas de producción

Hay problemas asociados a la producción que generan mayores costos en inventarios. Los inventarios de materia prima dan flexibilidad al proceso de compra de la empresa. Sin ellos, la empresa se ve en la situación de comprar la materia prima estrictamente necesaria para mantener el plan de producción, es decir, comprando y consumiendo. Por tal motivo se pretende estudiar el sistema (llegada de la materia prima, clasificación, línea de producción, producto terminado, almacenaje y distribución), de forma individual analizando tanto los inventarios de materias primas, inventarios de productos terminados y con alcance a inventarios mixtos incluyendo algo de producción. Para ello podremos analizar los inventarios de tipo determinístico o probabilístico usando herramientas como:

- Modelo EOQ probabilístico: Este modelo permite faltantes en la demanda, la política requiere ordenar la cantidad y siempre que el inventario caiga a un determinado nivel.
- Modelo EOQ clásico: El modelo de inventario más sencillo implica un índice de la demanda constante con un reabastecimiento instantáneo de pedidos y sin faltante.
- EOQ de artículos múltiples con límite de almacenamiento: Este modelo trata con ($n > 1$) artículos, cuyas fluctuaciones individuales de inventario siguen el mismo patrón de no permitir ningún faltante. La diferencia es que los artículos están compitiendo con un espacio limitado de almacenamiento.

2.1.9 PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE

Uno de los fundamentos de un control estadístico, es la inferencia estadística. La determinación del tipo de distribución que corresponde a un conjunto de datos, es indispensable para poder determinar el método adecuado de tratamiento de los mismos. La prueba de bondad de ajuste permite probar que tanto se puede ajustar una distribución teórica a los resultados observados de un experimento. El método está basado en la comparación de las frecuencias absolutas observadas y las frecuencias absolutas esperadas, calculadas a partir de la distribución teórica en análisis. Las pruebas de bondad más conocidas son: Anderson-Darling, Chi-Cuadrada, Kolmogorov-

Smirnov. La prueba Chi-Cuadrada se emplea tanto para distribuciones continuas como para discretas, mientras que la de Kolmogorov-Smirnov como la de Anderson Darling se emplean para distribuciones continuas y discretas.

CAPITULO 3

IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES DENTRO DE ENVASES HP

En este capítulo se aboca a construir el modelo de simulación a partir de la información planteada en el capítulo 2 sobre inventarios.

3.1 VARIABLES CONTROLADAS Y NO CONTROLADAS DEL SISTEMA

Existe una serie de variables que pueden ser controladas por aquellas personas que dirigen el sistema y otras que no pueden ser controladas. Las variables controladas en el sistema de inventario, son:

1. Cantidad de unidades a adquirir (productos, etc).
2. Frecuencia de adquisición (cada cuándo).

Para fines de estudio, se considera lo siguiente para el modelo.

Las variables no controladas pueden ser variables de costos u otras. Las principales variables no controladas son:

1. **Costo por mantener el inventario:** Este costo puede desglosarse en los siguientes:
 - Costo de movilización de recursos.
 - Costo de manipulación.
 - Costo de almacenaje (depreciación, construcción, etc.).
 - Costo de depreciación u obsolescencia del inventario.
 - Costo de carácter administrativo (salario, etc.).
2. **Costo por déficit:** Es el costo en que se incurre cuando un inventario se termina y que trae consecuencia, tener que adquirir la mercancía en cuestión, de una forma no habitual, invirtiendo recursos para usar transporte más rápido, producción extra, etc.

3. **Costo de lanzamiento:** Cuando el inventario forma parte del sistema de producción, se denomina costo de lanzamiento a la preparación de una nueva orden de producción, que se incorporará a dicho inventario. En el caso que el inventario sea considerado como un sistema único, el costo por lanzamiento es aquel en que se incurre por los trabajos administrativos para hacer la adquisición.
4. **Costo de producción:** Es el costo unitario de producción de un artículo que se incorporará al inventario.
5. **Demanda:** Puede estar perfectamente determinada para cada período de tiempo o puede ser aleatoria, en cuyo caso se necesitaría conocer su función de distribución probabilística para poder tomar decisiones.
6. **Tiempo de reabastecimiento:** Es el tiempo transcurrido desde que se entrega la orden de reabastecimiento, hasta que los recursos son incorporados al inventario. El tiempo de reabastecimiento puede ser fijo o aleatorio.
7. **Costo por Ordenar o Reabastecer:** Se pueden identificar los costos administrativos tales como oficinistas, teléfono, correo, contabilidad, materiales, transporte, inspección y recepción correspondientes a las órdenes de compra o de fabricación.

3.2 SUCESOS

Es una colección de variables que son necesarias para describir el sistema en cualquier instante y que son relativas a los objetivos del estudio

- Requisición de materia prima a proveedor.
- Llegada de materia prima.
- Selección y clasificación materia prima (inventariar).
- Transportación de materia prima a la línea de producción.
- Selección de materia prima de reúso y clasificación.
- Clasificación de desechos.

3.3 INSTALACIONES

- Almacén.
- Línea de Producción.

3.4 VARIABLES DE ESTADO

- Número de proveedores de materia prima.
- Estado del almacén (libre, ocupado).

3.5 MEDIDAS DE EJECUCIÓN

- Tiempo de espera de llegada de materia prima.
- Utilización óptima del almacén.
- Clasificación de materia prima.

3.6 VARIABLES DE DECISIÓN

- Número de proveedores de materia prima.
- Capacidad máxima de almacén.
- Tiempo de espera de materia prima.
- Clasificación y reutilización de materia prima, finalizado el proceso de producción.

3.7 REGLAS DE OPERACIÓN

- ENVASES HP selecciona el proveedor que cumpla con los lineamientos de costo y tiempo de entrega de la materia prima.

3.8 ASPECTOS DEL SISTEMA REAL QUE NO SE HAN INCLUIDO

- Cambio de proveedor en último momento, en caso de que el mismo no cuente con la materia prima.

- Fallas en los tiempos de entrega de la materia prima.
- Exceso en materia prima y gran volumen en almacén.
- Fallos en los equipos.

3.9 ELABORACIÓN DEL MODELO

Se considera el comportamiento del sistema como ideal, y de ahí se desarrollara un panorama general para aterrizar en un modelo estocástico que mejor se acerque a las necesidades de la empresa, se tomaran en cuenta los siguientes supuestos:

Demanda constante:

Se asume que la demanda es conocida y ocurre a tasa constante, con base en los datos recolectados en el periodo de un año y que se muestran en el planteamiento del diseño.

Ordenes continuas:

Se supondrá que se puede efectuar una orden en cualquier instante.

3.10 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ENTRADA

Dada las condiciones de ENVASES HP, se aplica un modelo llamado EOQ, el cual tiene las siguientes suposiciones:

- La demanda no satisfecha durante el tiempo de entrega se acumula (acumulación de pedidos).
- La revisión es continua.
- No se permite más de una orden pendiente o sin surtir.

Existe una aleatoriedad en los inventarios principalmente debida a:

- Demanda.
- Plazo de entrega.

3.11 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

Por lo general el problema presentado en el sistema, no se conoce de primera instancia el problema implicado en el sistema de inventarios, más bien lo que se percibe son los síntomas y estos pueden presentarse de las siguientes formas:

- Exceso de existencias de materia prima.
- Déficit de insumos para la operación.
- Altos niveles de existencia de material en proceso.
- Grandes cantidades de producto terminado.
- Quejas por parte de los clientes.
- Exceso de personal dedicado a una operación emergente.

3.12 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

Construcción del Modelo

En el ámbito de la Investigación de Operaciones este paso implica que se establezcan, a través de la utilización de variables y parámetros, las relaciones entre los elementos y atributos del sistema de inventarios. Las relaciones nos conducen a la construcción de un modelo matemático, este modelo es una función matemática donde la variable dependiente es el costo total del sistema (C_t), las variables independientes serán el tamaño de una orden (Q), el tiempo entre dos órdenes consecutivas (t) y los parámetros son: demanda (D), el costo unitario (C_u), el costo de ordenar (C_o), el costo de inventario (C_i), el costo de faltante (C_f) y el costo fijo (k).

El método usado para lograrlo depende directamente de los conocimientos que tengamos con respecto a los elementos del sistema. En muchos casos la “construcción del modelo” implicará sólo la selección y utilización de alguna estructura ya predefinida y esto en la práctica significa la asociación de un valor extraído del sistema real a cada uno de los parámetros de la estructura del modelo. Para resolver el problema del sistema de inventarios es necesario construir un modelo que represente al sistema, que permita manipularlo y concluir con la solución.

También puede darse la utilización de un modelo de simulación, en el que no necesariamente se utilizan complejos modelos matemáticos, y si modelos que representan más bien la forma lógica en cómo opera el sistema, utilizando funciones de probabilidad; estos últimos modelos se aplican cuando el sistema es probabilístico, es decir, cuando la demanda o alguna otra variable tiene asociada una distribución de probabilidad.

Para poder establecer el lote que podría minimizar el costo total del sistema, se tienen que considerar los siguientes datos:

- l : Plazo de entrega.
- D : Demanda anual aleatoria
- k : Costo de orden o pedido.
- h : Costo de almacenamiento.

Pudiendo obtener los siguientes resultados:

R : Punto de pedido.

Q : Tamaño de pedido.

Q : Cantidad a pedir a un mínimo costo, donde se equilibran los costos de posesión y de pedir.

$$Q = \sqrt{\frac{2Dk}{h}}$$

Análisis de los datos de entrada de envases hp

Dada las condiciones de ENVASES HP, se aplica un modelo llamado EOQ, el cual tiene las siguientes suposiciones:

- La demanda no satisfecha durante el tiempo de entrega se acumula.
- La revisión es continua.
- No se permite más de una orden pendiente.

Existe una aleatoriedad en los inventarios principalmente debida a:

- Demanda (cuánto y cuándo pedir).
- Plazo de entrega.

$$\frac{\text{costo de ordenar}}{\text{año}} = \left(\frac{\text{costo de ordenar}}{\text{orden}} \right) \left(\frac{\text{órdenes}}{\text{año}} \right) = k \frac{D}{Q}$$

Un costo que es de suma importancia es el que se genera por mantener la materia prima o producto terminado en inventario.

Recolección de los datos:

La recolección de los datos se hizo tomando de referencia los documentos proporcionados por la empresa, donde se especifica un promedio de la demanda de las materias primas en un periodo de 1 año, dando como resultado la siguiente tabla:

REQUERIMIENTO	
CONCEPTO	UNIDADES / AÑO
Empaques	152,591
Lamina y latón	44,235
Borlas	19,817
Alambre	500
Soldadura	817
TOTAL	222,887

Los costos y tamaño por pedido, se proporcionan con base al periodo de un año, mismos que proporciono el área de costos de la empresa, se presentan conforme a las áreas que la empresa ha organizado. Los valores óptimos se calcularon en hoja de excel, usando solver, quedando de la siguiente forma:

CONCEPTO	D	k	h	Q*	Empaque	Q**
Empaques	152591	\$100	\$5.78	2297.817	200	2400
Lamina y latón	44235	\$600	\$5.78	3030.46	50	3050
Borlas	19817	\$60	\$5.78	641.42	50	650
Alambre	500	\$40.50	\$5.78	83.70	10	90
Soldadura	817	\$50	\$5.78	118.89	50	150

Q^* = Cantidad a pedir a un mínimo costo, donde se equilibran los costos de posesión y de pedir.

Q^{**} = Cantidad a pedir a un mínimo costo, donde se equilibran los costos de posesión y de pedir, redondeada a una cantidad de unidades de empaque cerrado.

Donde:

k = Costo de orden o pedido.

Q = Tamaño de pedido.

h = Costo de almacenamiento.

D = Demanda anual.

Obtenidos estos valores ahora se procede a calcular los siguientes costos, considerando una demanda constante sin faltantes. Si se ordenan Q unidades cada vez y la demanda anual es D, entonces el costo de órdenes por año es:

$$COSTO \ EMPAQUES = 100 \left(\frac{152,591}{2,400} \right) = \$6,357.95$$

$$COSTO \ LAMINA \ Y \ LATON = 600 \left(\frac{44,235}{3,050} \right) = \$8,701.96$$

$$COSTO \ BORLAS = 60 \left(\frac{19,817}{650} \right) = \$1,829.26$$

$$COSTO \ ALAMBRE = 40.50 \left(\frac{500}{83.70} \right) = \$241.93$$

$$COSTO \ SOLDADURA = 50 \left(\frac{817}{150} \right) = \$272.33$$

Otro costo que es de suma importancia es el que se genera por mantener la materia prima o producto terminado en inventario. El costo total asociado a la mantención en inventario se calcula:

$$\frac{\text{costo de mantención de inventario de Empaques}}{\text{año}} = \frac{5.78(2400)}{2} = \$6936.0$$

$$\frac{\text{costo de mantención de inventario de Lámina y latón}}{\text{año}} = \frac{5.78(3050)}{2} = \$8814.5$$

$$\frac{\text{costo de mantención de inventario de Borlas}}{\text{año}} = \frac{5.78(650)}{2} = \$1878.5$$

$$\frac{\text{costo de mantención de inventario de Alambre}}{\text{año}} = \frac{5.78(83.70)}{2} = \$241.89$$

$$\frac{\text{costo de mantención de inventario de Soldadura}}{\text{año}} = \frac{5.78(150)}{2} = \$433.5$$

En síntesis, en la siguiente tabla se muestran los resultados de los costos de la materia prima tanto por ordenar como por mantener en inventario.

MATERIA PRIMA	COSTO DE ORDENAR POR AÑO	COSTO POR MANTENER EN INVENTARIO
Empaques	\$ 6,357.95	\$ 6,936.00
Lamina y Laton	\$ 8,701.96	\$ 8,814.50
Borlas	\$ 1,829.26	\$ 1,878.50
Alambre	\$ 241.93	\$ 241.89
Soldadura	\$ 272.33	\$ 433.50

Nótese que los costos por ordenar y mantener son casi iguales como se espera al optimizar, con excepción de la soldadura, aun después del redondeo por empaque

Buscando una solución óptima, se introdujeron los mismos datos en la plantilla de Excel, el cual arroja los datos analizados con solver,

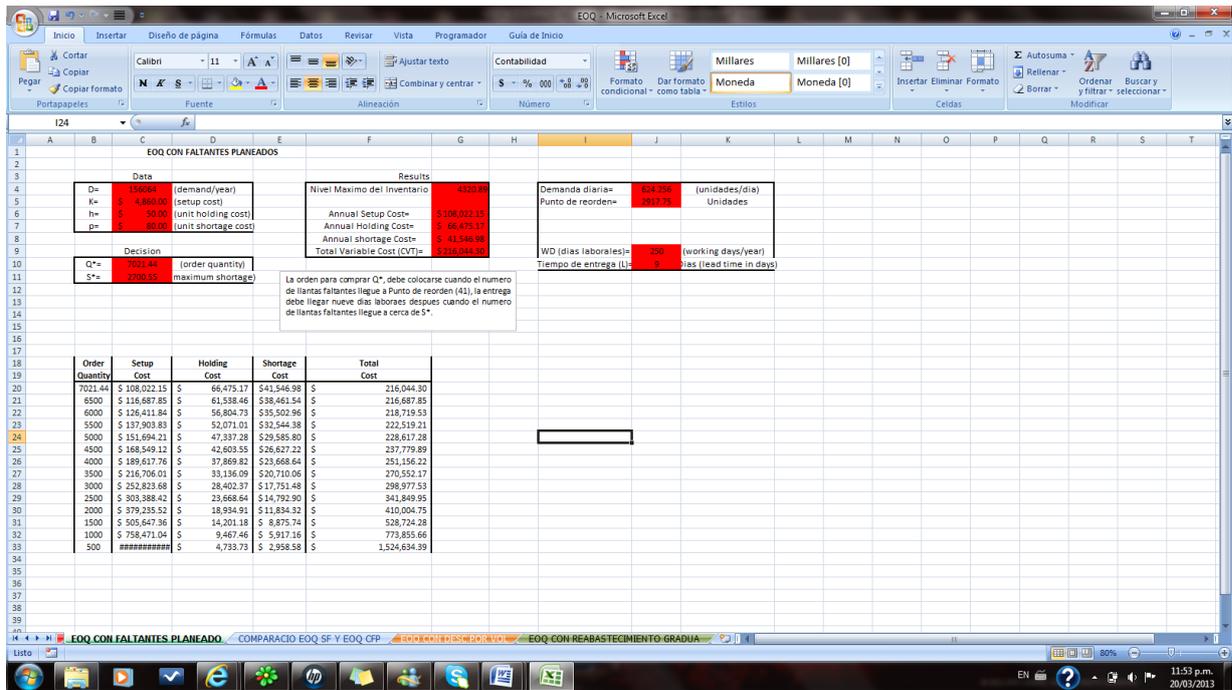


Fig. 3.1 Plantilla solver

Buscando una solución óptima, se introdujeron los mismos datos en la plantilla de Excel, el cual arroja los datos analizados con solver, obteniendo los siguientes datos:

CONCEPTO	D	k	h	L	WD	Q
Empaques	152591	\$100	\$5.78	2 días	260 días	2297.82
Lamina y latón	44235	\$600	\$5.78	4 días	260 días	3030.47
Borlas	19817	\$60	\$5.78	2 días	260 días	641.42
Alambre	500	\$40.5	\$5.78	1 días	260 días	83.71
Soldadura	817	\$50	\$5.78	1 días	260 días	118.89

Datos:

- L: Plazo de entrega.
- D: Demanda anual.
- k: Costo de orden o pedido.
- h: Costo de almacenamiento.
- WD: Días hábiles de trabajo al año.
- Q: Tamaño óptimo de pedido.

PUNTO DE REORDEN:

El punto de reorden básicamente consiste en la existencia de una señal al departamento encargado de colocar pedidos, indicando que la existencia de determinado material ha llegado a cierto nivel y que debe hacerse un nuevo pedido. El punto debe ser aquel que permita seguir produciendo mientras llega el otro pedido. Y se calcula de la siguiente forma:

$$r = dL$$

Donde:

r = Punto de reorden.

d = Demanda por día.

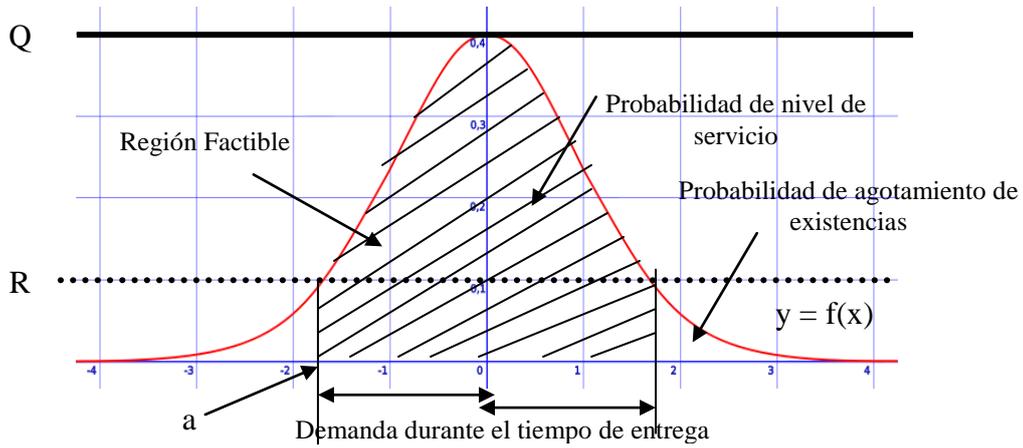
L = Tiempo de entrega para un pedido nuevo.

Con los datos siguientes se calculo el punto de reorden, quedando de la siguiente forma:

CONCEPTO	d	L	r
EMPAQUE	586.88	2	1173.78
LAMINA Y LATON	170.13	4	680.54
BORLAS	76.21	2	152.44
ALAMBRE	1.92	1	1.92
SOLDADURA	3.14	1	3.14

PUNTO DE REORDEN	COSTO ANUAL DE ORD.	COSTO ANUAL POR MAN.	CVT	PEDIDOS ANUALES	NIVEL PROM DEL INVT.
1173.78	\$ 6,640.69	\$ 6,640.69	\$13,281.39	66.41	1148.91
680.54	\$ 8,758.05	\$ 8,758.05	\$ 17,516.11	14.60	1515.23
152.44	\$ 1,853.72	\$ 1,853.72	\$ 3,707.43	30.9	320.71
1.92	\$ 241.91	\$ 241.91	\$ 483.83	5.97	41.85
3.14	\$ 343.59	\$ 343.59	\$ 687.19	6.87	59.45

*CVT: Costo Variable Total.



Grafica 3.1

Con base en los resultados obtenidos, por cada concepto analizado se procede a trazar la grafica de los costos por ordenar y por mantener, para tener una mejor perspectiva del comportamiento de los mismos con respecto al Q ideal.

EMPAQUES:

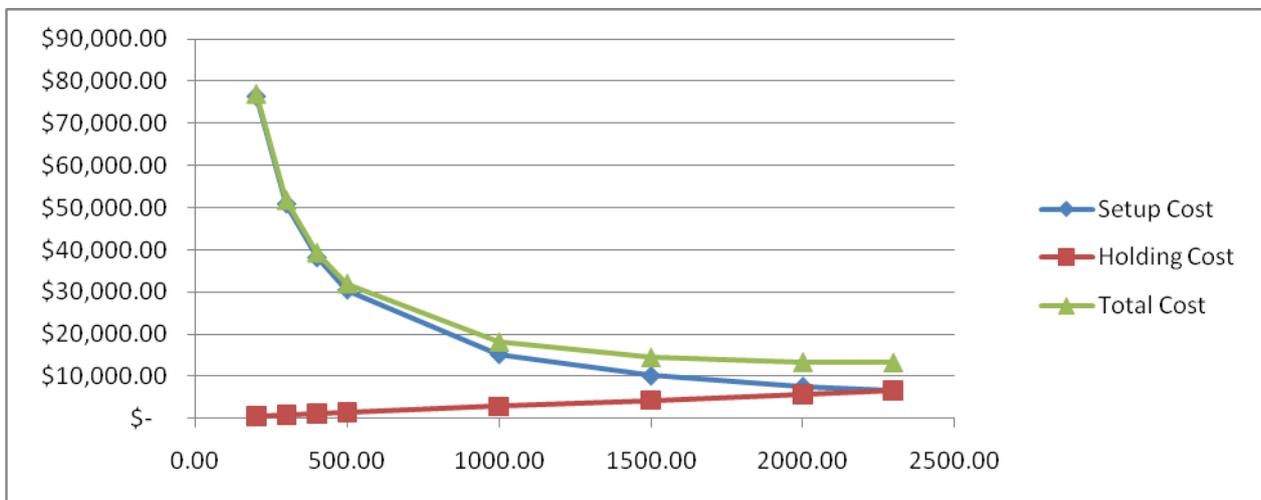


Fig. 3.2 Costos por ordenar y por mantener en inventario los empaques

LÁMINA Y LATON

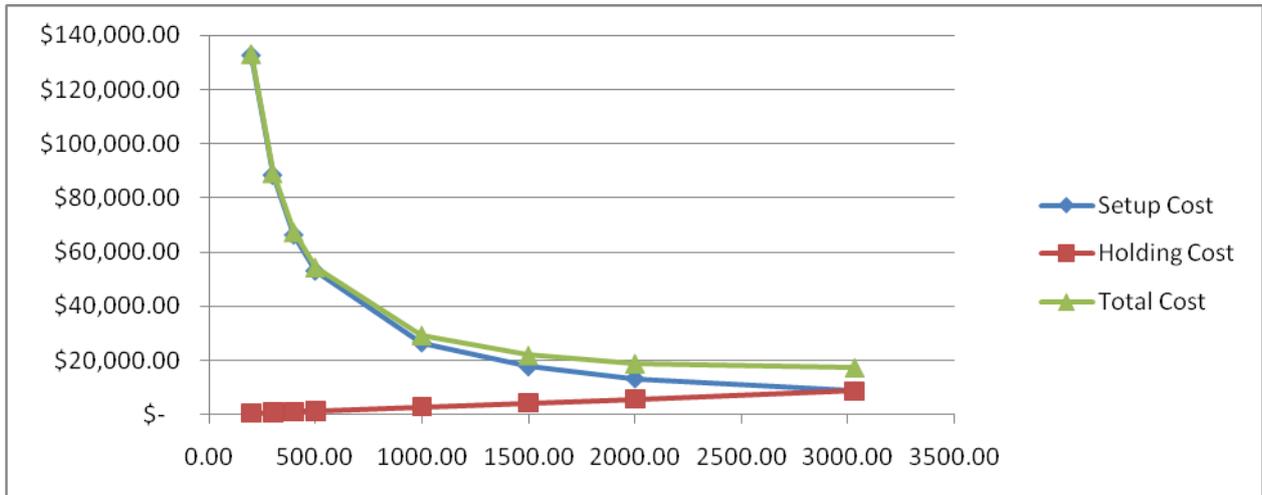


Fig. 3.3 Costos por ordenar y por mantener en inventario la lámina y latón

BORLAS

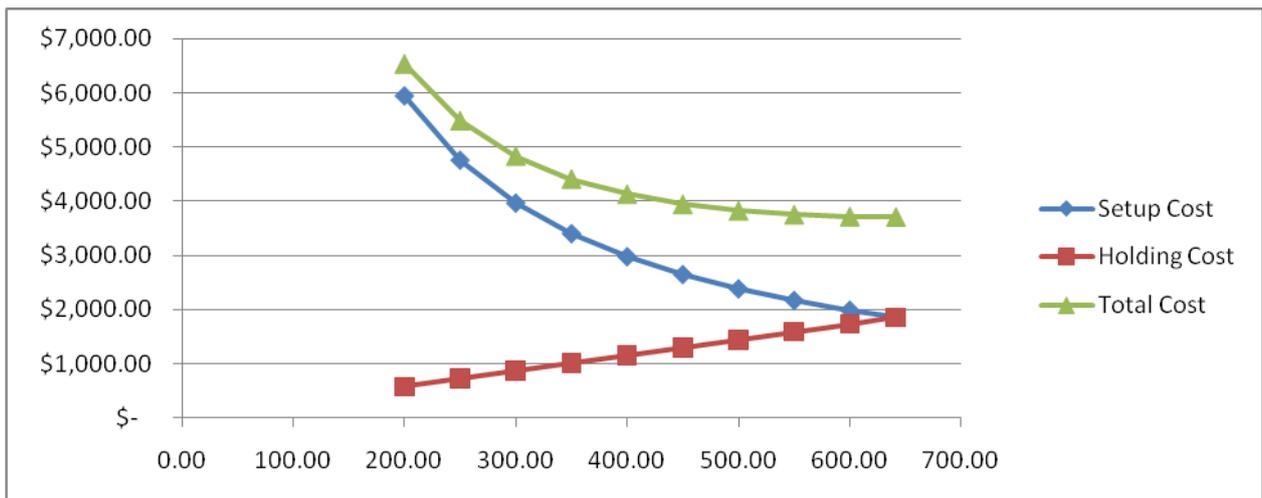


Fig. 3.4 Costos por ordenar y por mantener en inventario las borlas

ALAMBRE

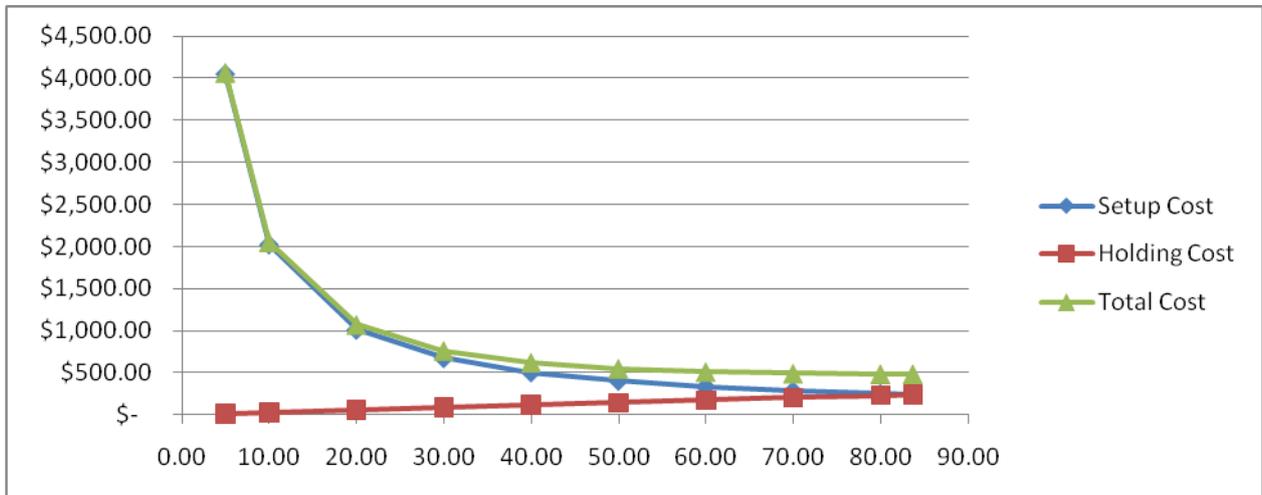


Fig. 3.5 Costos por ordenar y por mantener en inventario el alambre

SOLDADURA

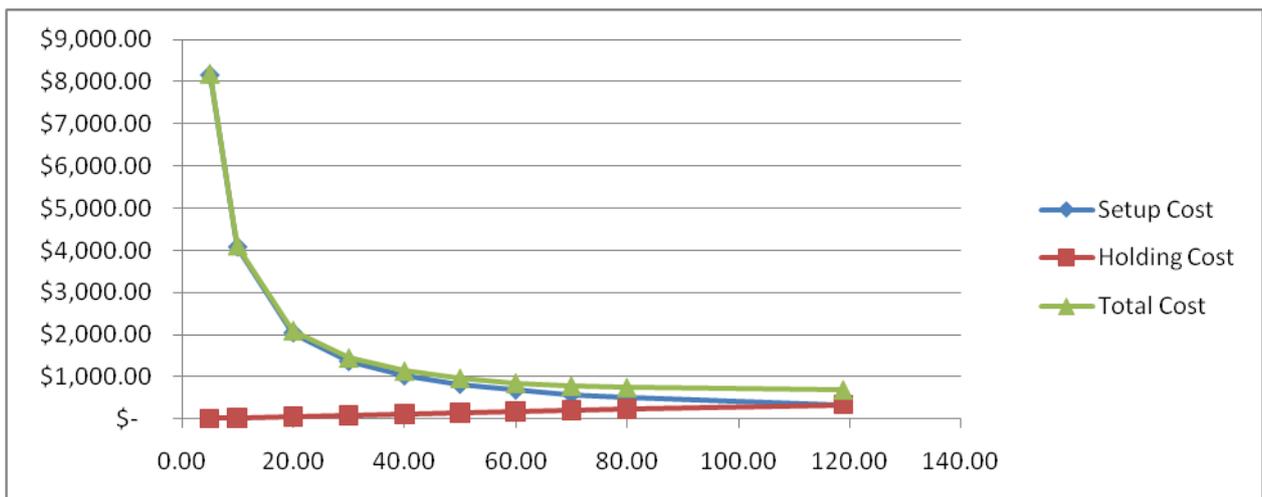


Fig. 3.6 Costos por ordenar y por mantener en inventario la soldadura

3.13 PRONOSTICO DE LA PRODUCCION

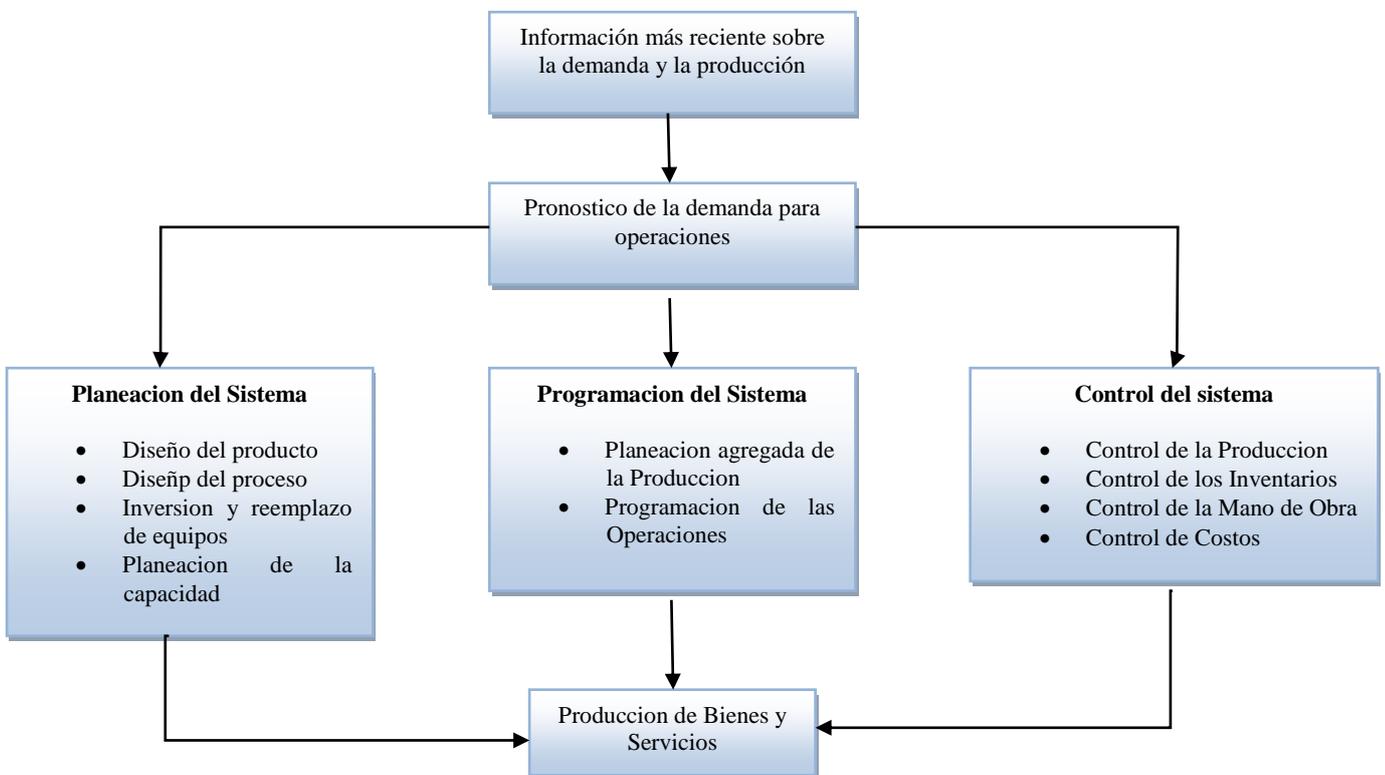
3.13.1 PRONOSTICO

Proceso de estimación de un acontecimiento futuro, proyectando hacia el futuro datos del pasado. Los datos del pasado se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro.

Predicción:

Proceso de estimación de un suceso futuro basándose en consideraciones subjetivas diferentes a los simples datos provenientes del pasado; estas consideraciones subjetivas no necesariamente deben combinarse de manera predeterminada.

SUBSISTEMAS DE OPERACIÓN Y PRONOSTICOS



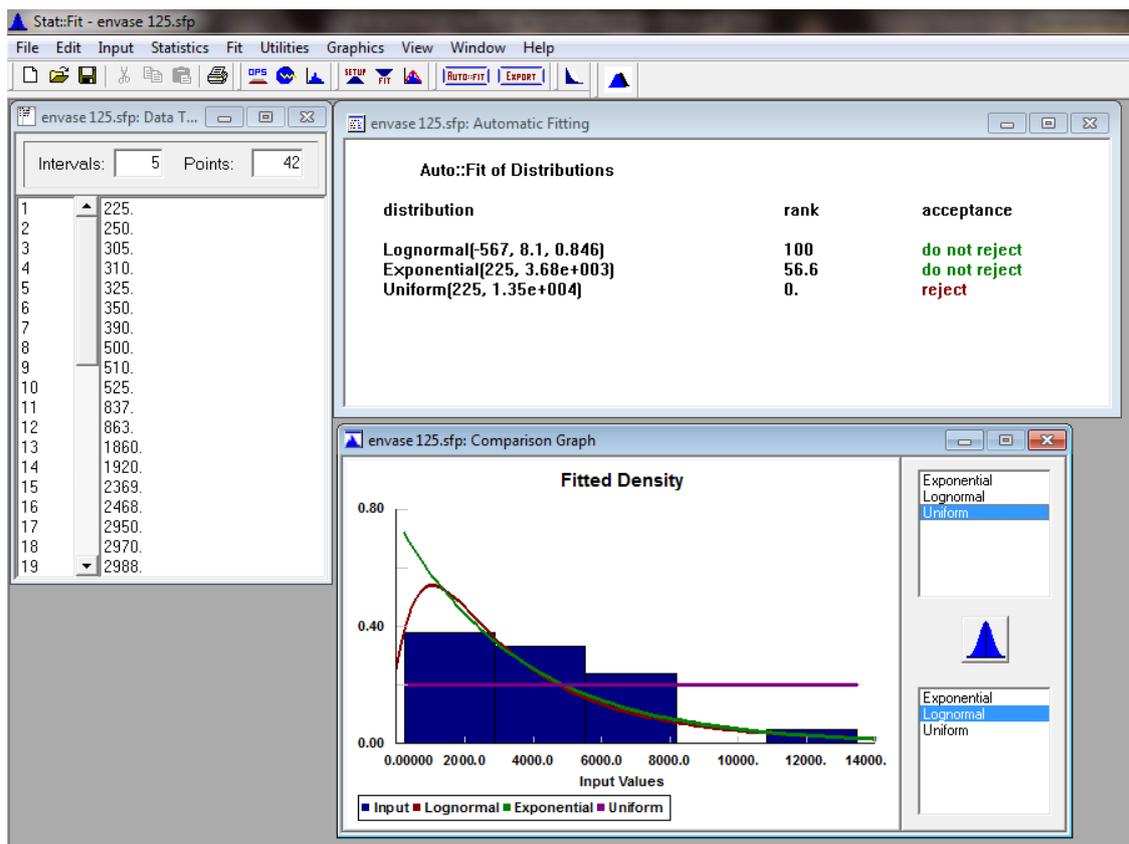
Por medio de la recolección de datos históricos en una frontera de 2 años, se obtuvieron datos de producción quincenal, los cuales se enumeran en la siguiente tabla, se analizo la producción del bote de 125ml.

EHP-T2J 125mm	225	250	305	310	325	350
	390	500	510	525	837	863
	1860	1920	2369	2468	2950	2970
	2988	3069	3320	3480	4200	4409
	4455	4529	4700	5087	5280	5519
	5655	5686	5890	5926	6085	7118
	7281	7337	8025	8081	12669	13469

Con los datos obtenidos anteriormente se puede iniciar el pronóstico y con los resultados arrojados, aplicarlos a un modelo de inventarios. De forma alterna estos datos son analizados mediante un programa llamado Stat Fit, el cual es un complemento del programa Promodel.

Stat Fit: Es una herramienta estadística que permite realizar pruebas de bondad de ajuste sobre los datos muestra, arrojando información útil para establecer las distribuciones asociadas a las variables aleatorias del modelo.

Con Stat Fit:



Puntos	42
Intervalos	5
Media	8.1
Distribución	Lognormal

Para obtener resultados más representativos se utiliza un segundo software llamado minitab versión 16.

Minitab es un programa de computadora diseñado para ejecutar funciones estadísticas básicas y avanzadas. Combina lo amigable del uso de Microsoft Excel con la capacidad de ejecución de análisis estadísticos. En 1972, instructores del programa de análisis estadísticos de la Universidad Estatal de Pennsylvania (Pennsylvania State University) desarrollaron MINITAB como una versión ligera de OMNITAB, un programa de análisis estadístico del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST) de los Estados Unidos.

Con Minitab:

Minitab - Sin título - [Sesión]

Archivo Editar Datos Calc Estadísticas Gráfica Editor Herramientas Ventana Ayuda Asistente

11/01 23:45:26

Bienvenido a Minitab, presione F1 para obtener ayuda.

Estadísticas descriptivas: C1

Variable	Conteo total	NAcum	Porcentaje	ProAcum	Media	Error estándar de la media	MediaRec
C1	42	42	100	100	3909	496	3620

Variable	Desv.Est.	Varianza	CoefVar	Suma	Suma de cuadrados	Mínimo	Máximo
C1	3212	10316106	82.16	164185	1064786889	225	13469

Variable	Rango	IQR	Modo	N para moda	Asimetría	Kurtosis	MSSD
C1	13244	4978	*	0	1.02	1.30	315214

Ahora con los datos ya recabados se analizan para escoger el modelo de inventarios que mejor se adapte.

CAPITULO 4

SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN

4.1 SIMULACIÓN

Thomas T. Goldsmith Jr. y Estle Ray Mann la define así: "Simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos períodos".

R.E. Shannon es: "La simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y llevar a término experiencias con él, con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar nuevas estrategias dentro de los límites impuestos por un cierto criterio o un conjunto de ellos para el funcionamiento del sistema".

4.2 LÍNEA DE PRODUCCIÓN

Para estudiar la línea de producción se necesitan identificar y plantear los siguientes puntos:

- Identificar las componentes controlables del sistema.
- Identificar posibles rutas de acción dadas por las componentes, controlables.
- Definir el marco de referencia, dado por las componentes no controlables.
- Definir los objetivos que se persiguen y clasificarlos por su orden de importancia.
- Identificar las relaciones importantes entre las diferentes componentes del sistema, este paso equivale a encontrar las restricciones que existen, a la vez que permite más adelante representar estas interrelaciones en forma matemática.

La identificación de la estructura del sistema (componentes, canales, interrelaciones, etc.), se hace a través de un proceso sistemático, que se conoce como diseño de sistemas.

El diseño de sistemas se lleva a cabo de la siguiente manera:

- Se ubica al sistema considerando dentro de sistemas más grandes.
- Se determinan las componentes del sistema.
- Se determinan los canales de comunicación entre las componentes del sistema y de este hacia los elementos de otros sistemas que van a tener influencia directa o indirecta.
- Se determinan de que manera se tiene acceso a la información requerida como se procesa esta y como se transmite entre las diferentes componentes del sistema.

4.2.1 Línea de Producción de Envases HP

El diagrama de flujo de la línea de ensamble esta dado de la siguiente forma:

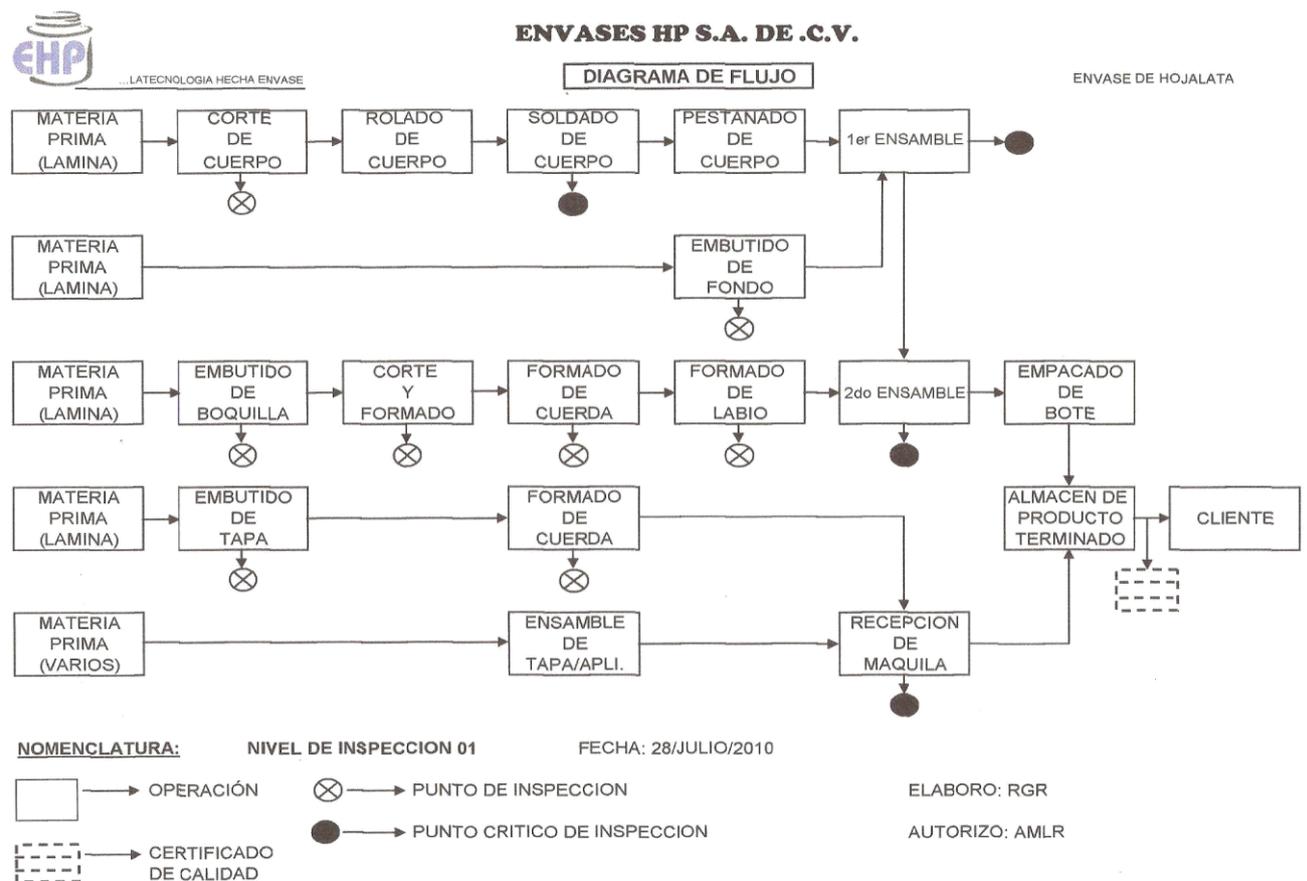


Figura 4.1 Diagrama de flujo de la línea de ensamble de ENVASES HP

4.3 ANALISIS DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN POR MEDIO DE REDES DE PETRI

Dado que es de suma importancia para obtener resultados óptimos, se elige estudiar parte de la línea de producción, ya que es en esta donde se presentan problemas de mala distribución de tiempos y movimientos, y en conjunción con el análisis de inventarios, poder llegar a la mejor solución posible. Para lograr esto, se usa el método denominado Redes de Petri, que es una simulación de tiempos y movimientos.

Una red de Petri es un caso particular de grafo dirigido, ponderado y bipartido, con 2 tipos de nodos: lugares y transiciones, donde los arcos pueden conectar los nodos lugar a los nodos transición o al revés.

El significado de cada una de las siglas utilizadas es el siguiente:

$P = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_{np}\}$: Conjunto de nodos tipo lugar.

$T = \{T_1, T_2, T_3, \dots, T_{nt}\}$: Conjunto de nodos tipo transición.

- Los nodos tipo transición se representan gráficamente por rectángulos y se utilizan para modelar los eventos que aparecen en la dinámica del sistema.
- Los nodos tipo lugar se representan gráficamente por círculos y se utilizan generalmente para describir tanto las colas de espera del sistema, como las condiciones sobre el estado en que se encuentran los elementos o recursos que integran el sistema.
- El número de elementos (piezas, recursos, etc.) que hay en una cola de espera se representa gráficamente por marcas (tokens) en el interior del nodo lugar.

Línea de producción 1:

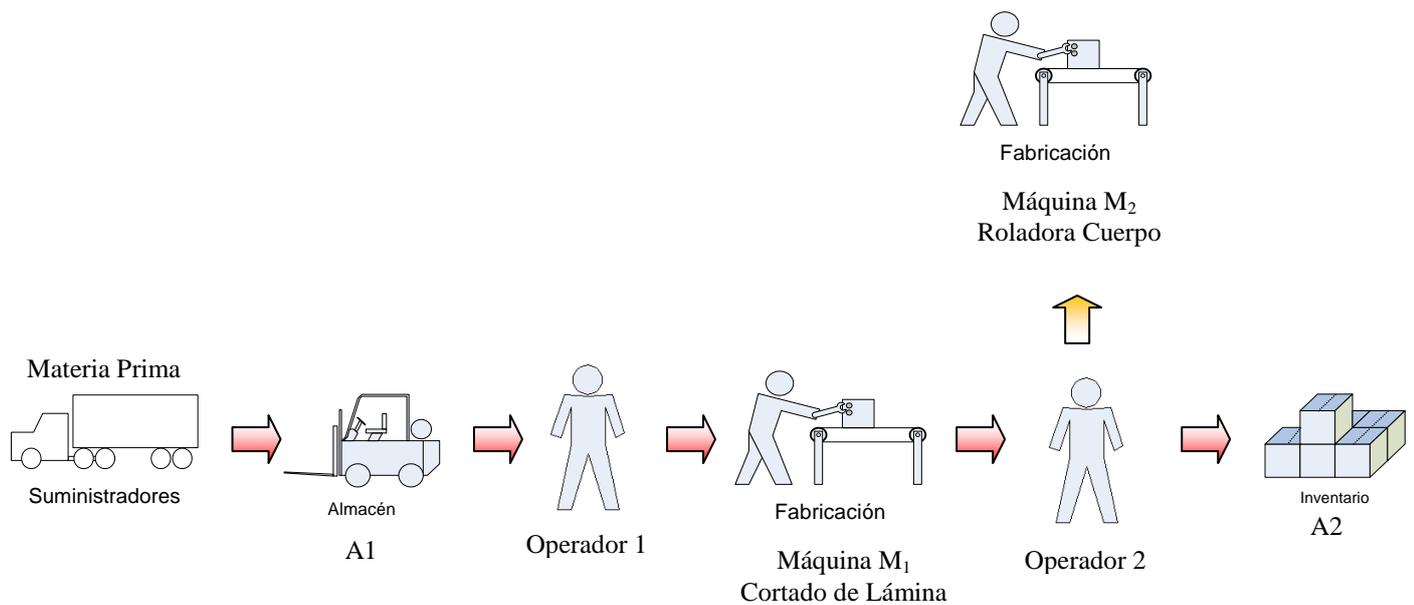


Figura 4.2 Línea de producción 1

La línea de producción está formada por los siguientes componentes de producción:

- Dos operadores O_1 y O_2 .
- Dos máquinas M_1 y M_2 .
- Dos unidades de almacén A_1 y A_2 .

El funcionamiento de la línea de producción es el siguiente:

- Los proveedores llegan con la materia prima.
- Se descarga el material y se coloca en almacén A_1 .
- El operador O_1 transporta las piezas almacenadas en A_1 y las coloca para trabajarlas en la máquina M_1 .
- Se realizan las operaciones sobre la máquina M_1 .
- Una vez realizado el trabajo en la máquina M_1 , el operador O_2 transporta las piezas terminadas y las coloca en la máquina M_2 .
- Una vez finalizados los trabajos en la máquina M_2 , el operador O_2 transporta las piezas finales al almacén de salida A_2 .

Observando el sistema y con la finalidad de simplificar el sistema, se descompondrá en dos subsistemas integrados de la siguiente forma:

Subsistema 1:

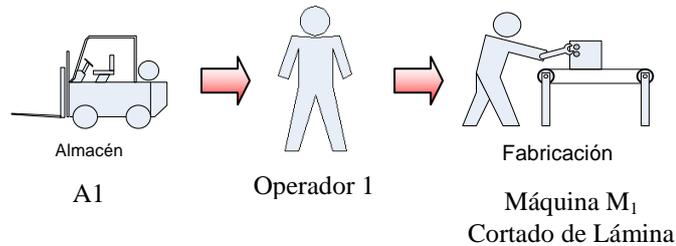


Figura 4.3 Subsistema de la línea de producción 1

En este subsistema inicial considera que se iniciara la producción con 4 piezas en almacén A_1 , y donde los nodos lugar tienen el siguiente significado:

- P_1 : Máquina M_1 libre.
- P_2 : Operador O_1 transportando piezas del almacén A_1 a la máquina M_1 .
- P_3 : Operador O_1 libre.
- P_4 : Máquina M_1 trabajando.
- P_5 : Máquina M_1 ocupada con una pieza ya procesada.
- P_6 : Almacén A_1 , número de piezas en el stock de materia prima.

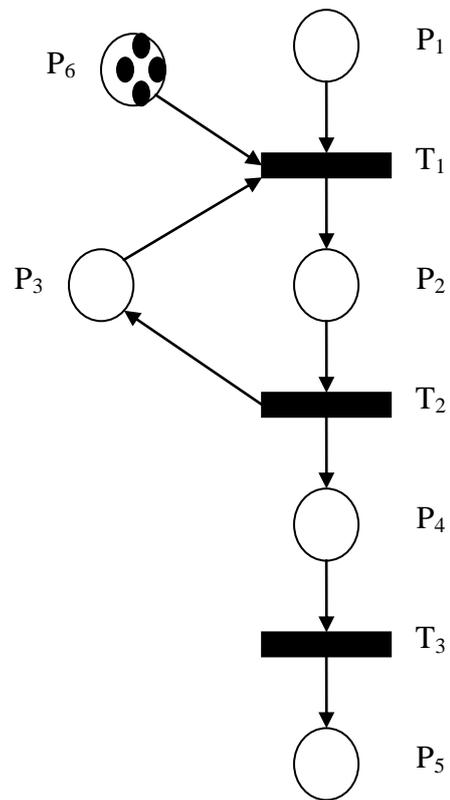


Figura 4.4 Red de Petri del subsistema 1

Subsistema 2:

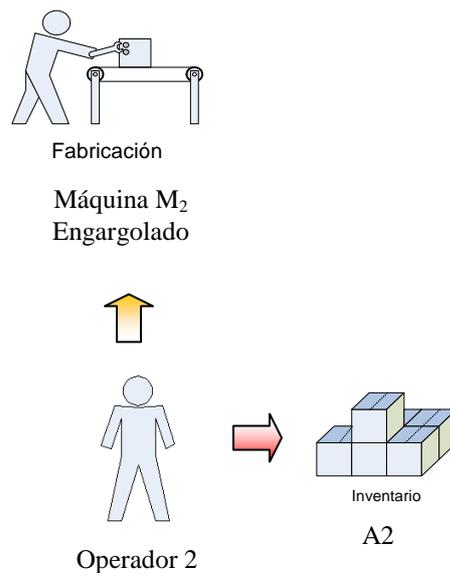
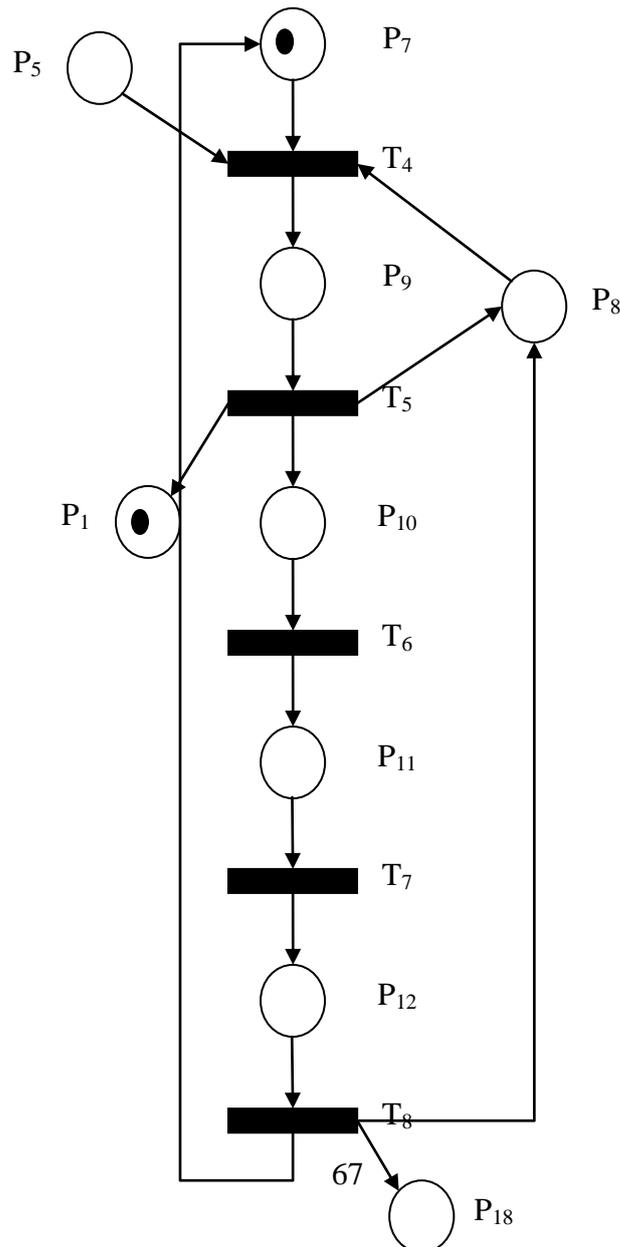


Figura 4.5 Subsistema 2 de la línea de producción 1

Para que se pueda dar este proceso del subsistema 2, se tiene que considerar que la máquina M_1 ya tiene la pieza procesada y tanto la máquina M_2 , como el operado O_2 deben estar libres. Para poder transportar la pieza terminada al almacén A_2 se tiene que considerar que el operado O_2 se encuentre libre y que la máquina M_2 se encuentre con una pieza procesada.

Los nodos lugar en el subsistema 2 tienen el siguiente significado:

- P_7 : Máquina M_2 libre.
- P_8 : Operador O_2 libre.
- P_9 : Operador O_2 transportando piezas de la Máquina M_1 a la máquina M_2 .
- P_{10} : Máquina M_2 trabajando.
- P_{11} : Máquina M_2 ocupada con una pieza ya procesada.
- P_{12} : Operador O_2 transportando piezas de la Máquina M_2 al almacén A_2 .
- P_{18} : Almacén A_2 , número de piezas en el stock de producto final.



Una vez que se han elaborado los modelos por separado de los subsistemas, con sus respectivos eventos en la línea de producción, se procede a juntarlos y formar un solo sistema. El punto de interacción entre los subsistemas se identifica en aquellos nodos lugar que hacen referencia a una misma condición o que tienen el mismo significado.

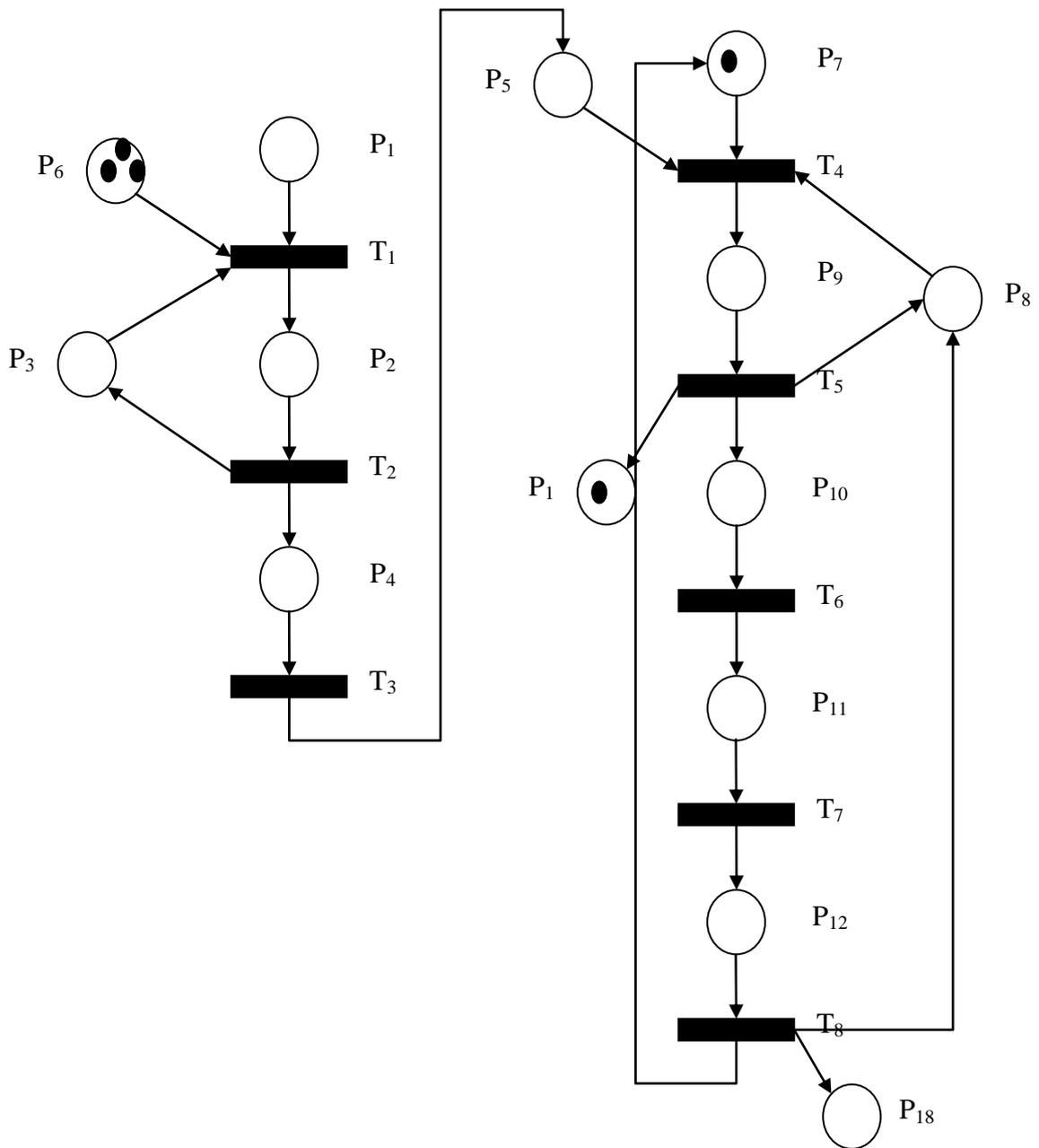


Figura 4.6 Red de Petri del sistema completo

4.4 SIMULACION POR MEDIO DE PROMODEL

4.4.1 FUENTES PARA GENERAR INFORMACIÓN PARA LA SIMULACION

1.- Las series históricas o de tiempo: son datos útiles y de rápido procesamiento para convertirlos en información.

2.- La opinión de expertos: Es información subjetiva, carente de detalle y de utilidad mínima, económica y rápida de obtener cierto tipo de información complementaria.

3.- Los estudios de campo: son el método más efectivo, aunque más costoso y tardado, de obtener información requerida. Se requiere el diseño de una muestra estadística representativa del universo bajo estudio; de un cuestionario que asegure la relevancia y confiabilidad de un cuestionario y que asegure la relevancia y confiabilidad de los mismos y de personal entrenado que aplique la encuesta. La información capturada se mete a la computadora a través de algún paquete y se edita.

4.4.2 FORMULACIÓN DEL MODELO

Para formular el modelo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Representar el sistema mediante un esquema en el que se visualice en cada modulo sus componentes, atributos, actividades endógenas y exógenas y las relaciones entre estas. El conjunto de todos estos módulos es el sistema.
- Caracterizar matemáticamente las relaciones que gobiernan la interacción de las componentes del sistema y de las actividades endógenas y exógenas.

Es más fácil construir una expresión matemática de las componentes y actividades del bloque de que todo el sistema. Si un sistema está formado por una sola unidad de servicio y una línea de espera, una expresión matemática para determinar el tiempo promedio que los clientes están en el sistema:

$$T_{\text{SISTEMA}} = T_{\text{COLA}} + T_{\text{SERVICIO}}$$

ProModel ® es un simulador con animación para computadoras personales. Permite simular cualquier tipo de sistemas de manufactura, logística, manejo de materiales, etc. Puedes simular bandas de transporte, grúas viajeras, ensamble, corte, talleres, logística, etc.

ProModel ® es un paquete de simulación que no requiere programación, aunque sí lo permite. Corre en equipos 486 en adelante y utiliza la plataforma Windows®. Tiene la combinación perfecta entre facilidad de uso y flexibilidad para aplicaciones complejas.

Puedes simular Justo a Tiempo, Teoría de Restricciones, Sistemas de Empujar, Jalar, Logística, etc. Prácticamente, cualquier sistema puede ser modelado.

Una vez hecho el modelo, éste puede ser optimizado para encontrar los valores óptimos de los parámetros claves del modelo. Algunos ejemplos incluyen determinar la mejor combinación de factores para maximizar producción minimizando costo, minimizar el número de camiones sin penalizar el servicio, etc.

El módulo de optimización nos ayuda a encontrar rápidamente la solución óptima, en lugar de solamente hacer prueba y error. ProModel ® cuenta con 2 optimizadores disponibles y permite de esta manera explotar los modelos de forma rápida y confiable.

Beneficios Clave

- Único software de simulación con Optimización plenamente integrada
- Creación de modelos rápida, sencilla y flexible.
- Modelos optimizables.
- Elementos de Logística, Manejo de Materiales, y Operaciones incluidas. (Bandas de transporte, Grúas Viajeras, Operadores).
- Entrenamiento en Español.
- Resultados probados.
- Importación del Layout de Autocad, y cualquier herramienta de CAD / CAE / Diseño, así como de fotografías digitales.
- Soporte Técnico 24 horas al día, 365 días del Año.
- Integración a Excel, Lotus, Visual Basic y herramientas de Microsoft.
- Genera en automático las gráficas en 3 dimensiones para visualización en el espacio tridimensional.

Dentro de los elementos básicos de Promodel ® cabe mencionar algunas características para tener una referencia del ambiente de trabajo y elementos asociados:

Promodel ®: es el área de trabajo donde se construirá el modelo junto con sus componentes. Se programan las relaciones entre las variables del modelo tales como: contadores, relaciones lógicas, flujos, ciclos de producción, jornadas de trabajo, etc.

Editor Grafico: el editor grafico cuenta con una serie de bibliotecas que permite una mejor ambientación grafica y visual de los modelos a realizar. Además de contar con la capacidad de importar imágenes así como crear las propias para crear con mayor realismo el problema a simular.

Stat Fit: El software incluye una herramienta estadística que permite realizar pruebas de bondad de ajuste sobre los datos muestra, arrojando información útil para establecer las distribuciones asociadas a las variables aleatorias del modelo.

Resultados: Promodel ® cuenta con una interface de resultados, proporcionando información de todas las variables del modelo.

4.4.3 RECOLECCION Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Parte importante de la producción, es la recolección de los datos analizar, por tal motivo se llevara a cabo, tomando en cuenta los siguientes aspectos y metodología:

RECOLECCIÓN: Es el proceso de capturar los datos disponibles que se requieren para la simulación del comportamiento del sistema.

PROCESAMIENTO: Se comprenden las actividades requeridas para transformar los datos en información.

La recolección de los datos tomó en cuenta los siguientes aspectos:

- Número de corridas por unidad de tiempo a diferentes horarios.
- Tiempos entre corridas en diferentes horarios.
- Operaciones que se realizan en las células de producción.
- Análisis del comportamiento del usuario en las líneas de espera.
- Procesar la información capturada, en forma de tablas, gráficas, etc. a través de algún paquete computacional.

El primer paso para la recolección de los datos es dividir la línea de producción en secciones, analizar cada célula de trabajo. Ya que están definidas se toman los datos de cuánto tiempo se tarda cada obrero en realizar una pieza en su célula de trabajo, estas mediciones se toman en distintos horarios, tanto en horas pico como en horario normal. Ya que se tienen los datos, se introducen en el programa Stat Fit para analizar el comportamiento y la distribución de los datos y con los resultados que arroje, alimentar el ProModel y realizar la simulación correspondiente.

4.4.4 CONSTRUCCIÓN DE LA SIMULACIÓN

El paso inicial es la construcción de las localizaciones, las cuales son las representaciones físicas de todos aquellos lugares donde las piezas en proceso serán trabajadas o procesadas. Se definirán de igual forma las entidades, recursos, rutas de movimientos de los recursos o entidades, llegadas de entidades o recursos al sistema, procesos, etc. En la siguiente tabla se enuncian tanto las entidades como las localizaciones.

LOCALIZACIONES	ENTIDADES
Almacén MP	Lamina Cuerpo
Cizalla	Lamina tapa, boquilla, base
Prensa Corte	Cuerpo
Prensa Embutido	Base
Prensa Rectificadora	Tapa

LOCALIZACIONES	ENTIDADES
Formadora de cuerda	Boquilla
Formadora de Labio	Bote
Soldadora	
Roladora	
Pestañadora	
Engargoladora Boquilla	
Engargoladora Base	
Prueba de Fuga	
Almacén Cuerpo	
Almacén Tapa	
Almacén Base	
Almacén PT	

A partir de los datos obtenidos, es necesario conocer el comportamiento estadístico de cada elemento que interviene en el proceso, así como el comportamiento en el consumo de cada uno de ellos a lo largo del tiempo.

PROMODEL ® incluye una herramienta estadística llamada STAT FIT que permite hacer pruebas de bondad de ajuste sobre datos de muestra, produciendo información importante para determinar las distribuciones asociadas a las variables aleatorias del modelo. De los datos obtenidos, podemos analizar:

- a) La cantidad producida de partes en cada unidad de tiempo.
- b) El tiempo entre un proceso y otro.

Los datos referentes a tiempo de trabajo por maquina fueron tratados en el sub programa Stat Fit. Arrojando los siguientes resultados para cada unidad de trabajo.

CIZALLA

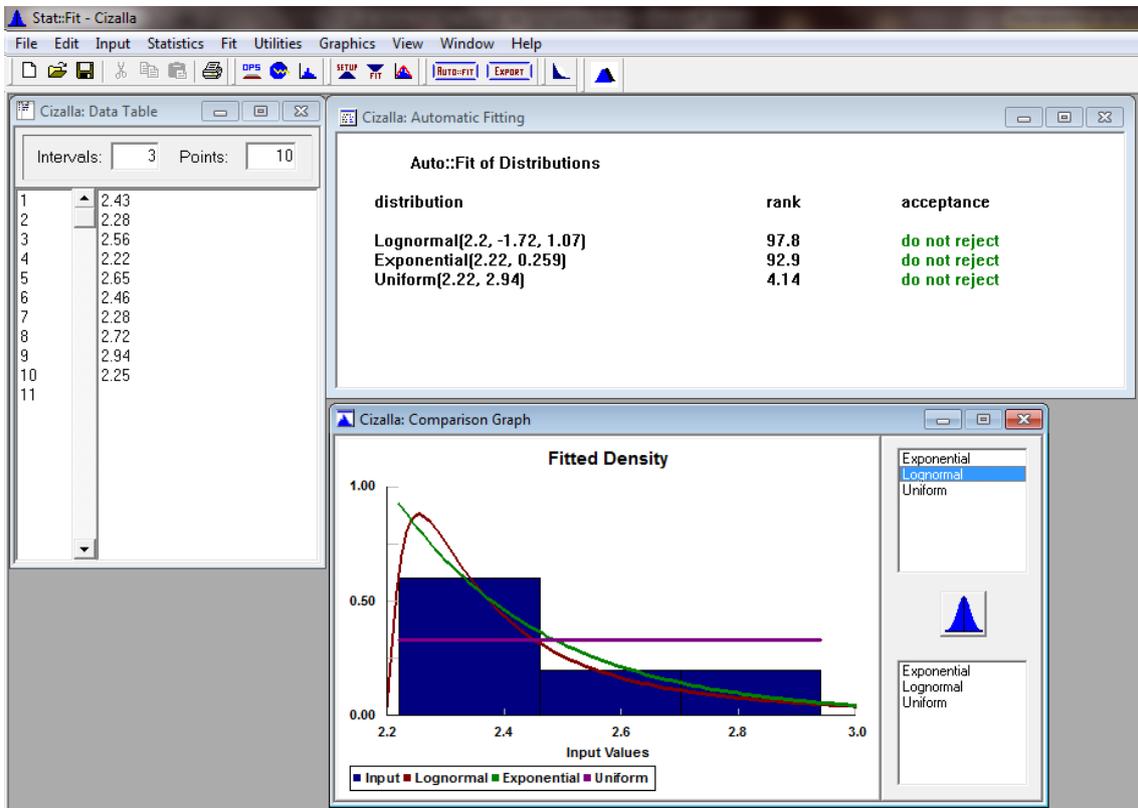


Figura 4.7 Gráfica del tiempo de trabajo de la cizalla por medio de Stat Fit

Puntos	10
Intervalos	3
Media	0.259
Distribución	Exponencial

PRENSA DE CORTE

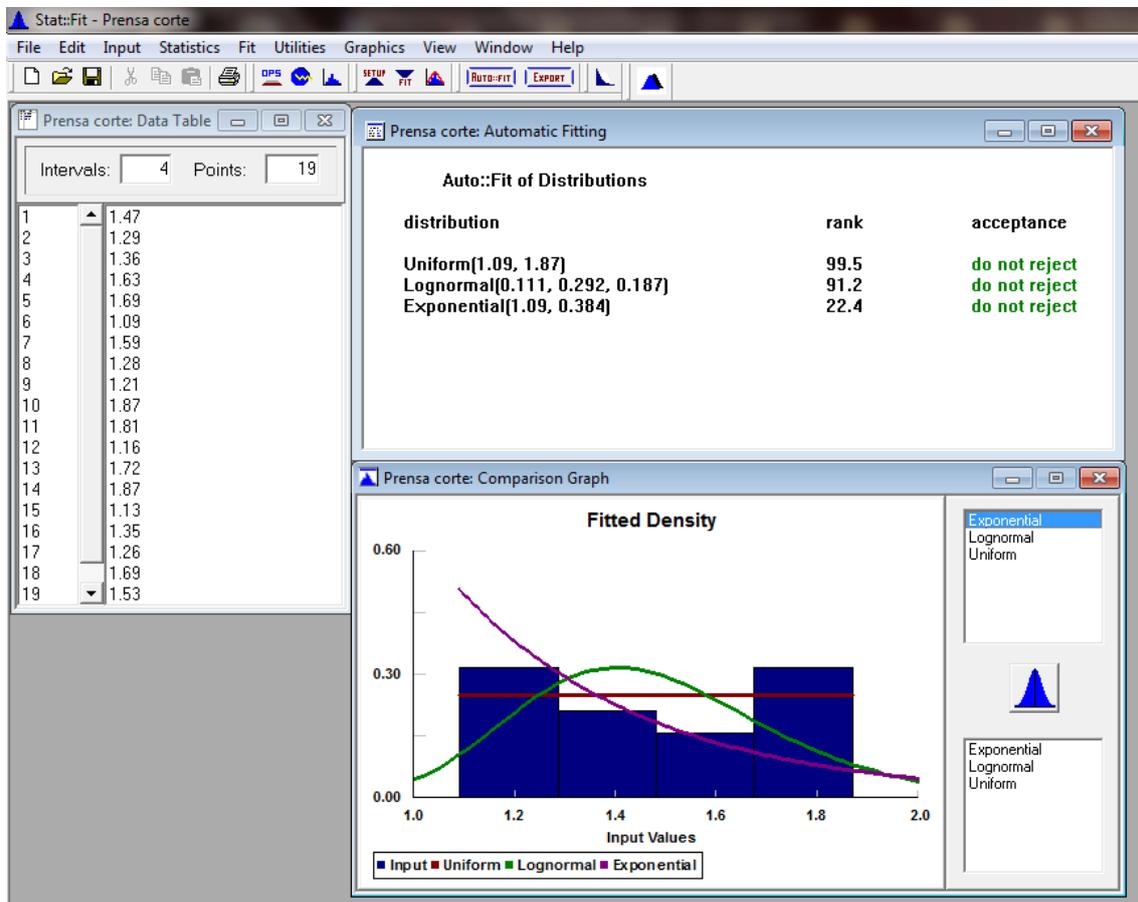


Figura 4.8 Gráfica del tiempo de trabajo de la prensa de corte por medio de Stat Fit

Puntos	19
Intervalos	4
Media	1.87
Distribución	Uniforme

ROLADORA

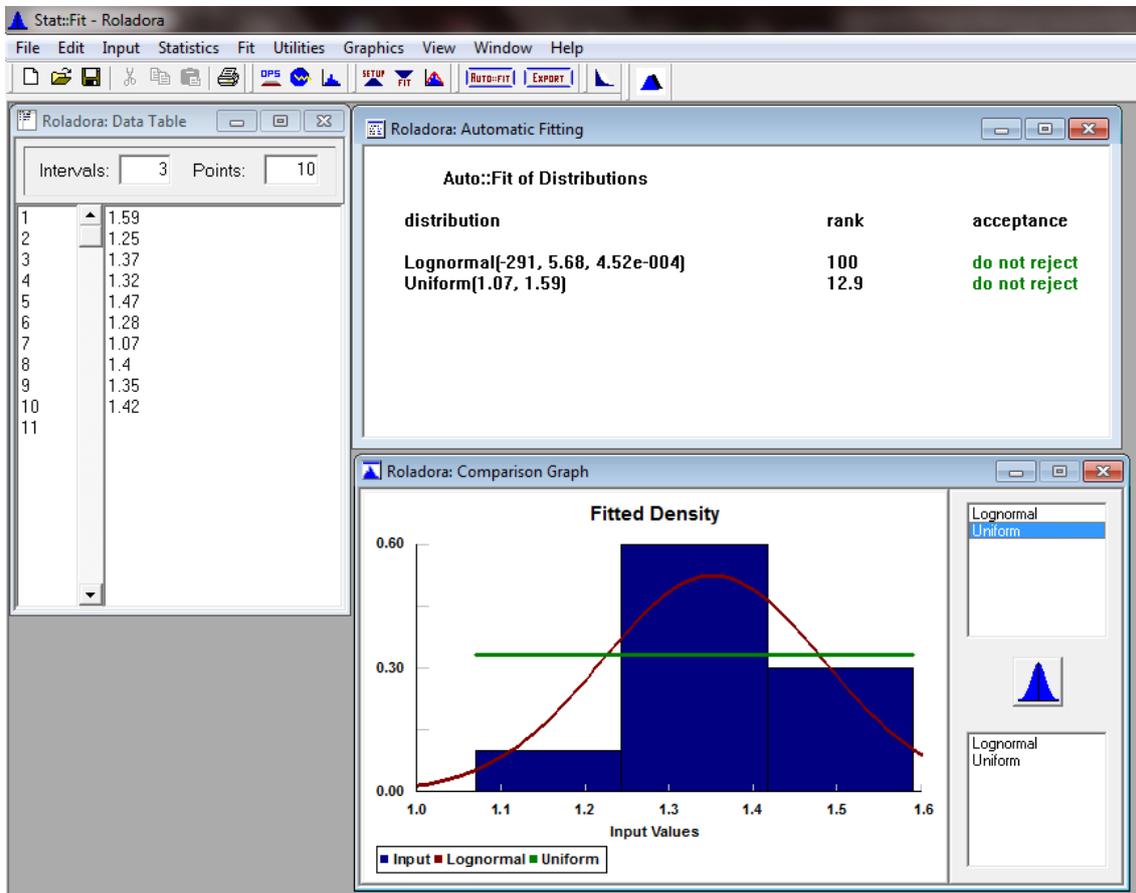


Figura 4.9 Gráfica del tiempo de trabajo de la roladora por medio de Stat Fit

Puntos	10
Intervalos	3
Media	5.68
Distribución	Lognormal

SOLDADORA

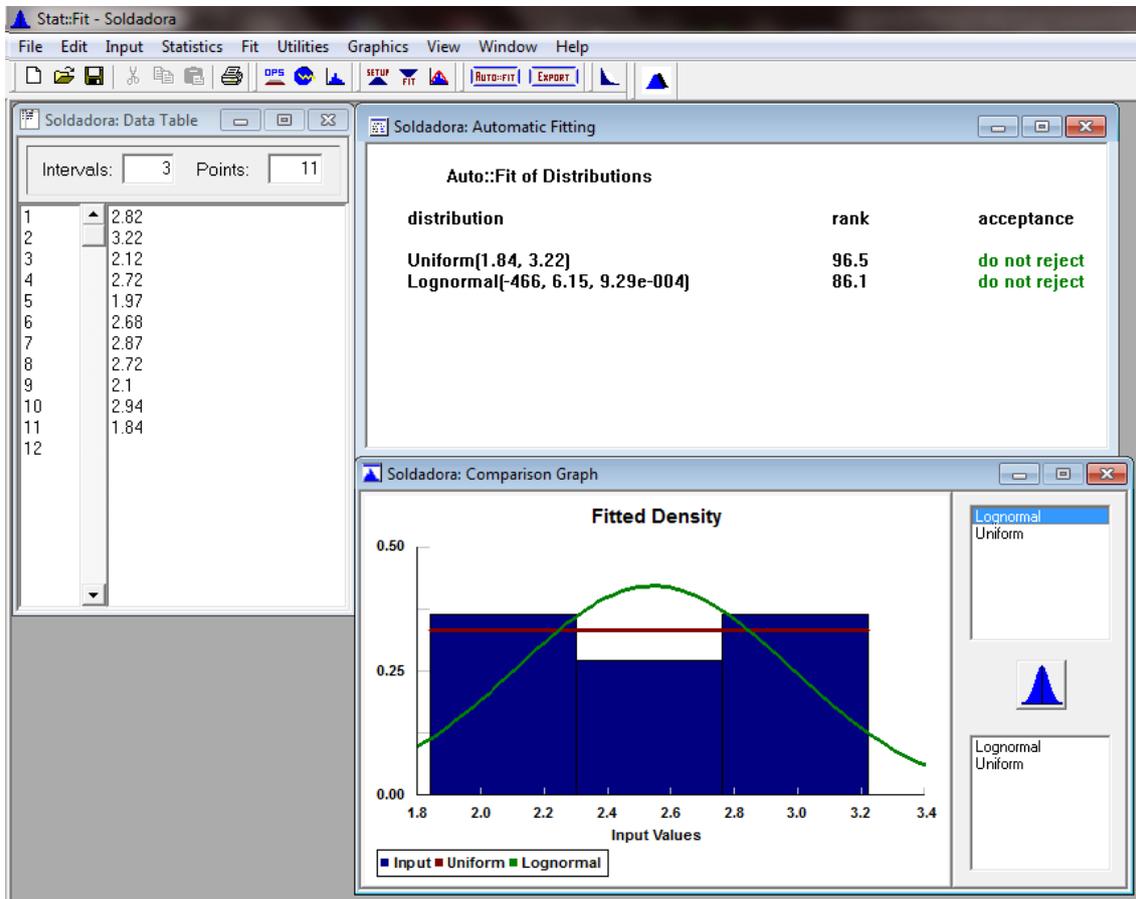


Figura 4.10 Gráfica del tiempo de trabajo de la soldadora por medio de Stat Fit

Puntos	11
Intervalos	3
Media	3.22
Distribución	Uniforme

FORMADORA DE LABIO

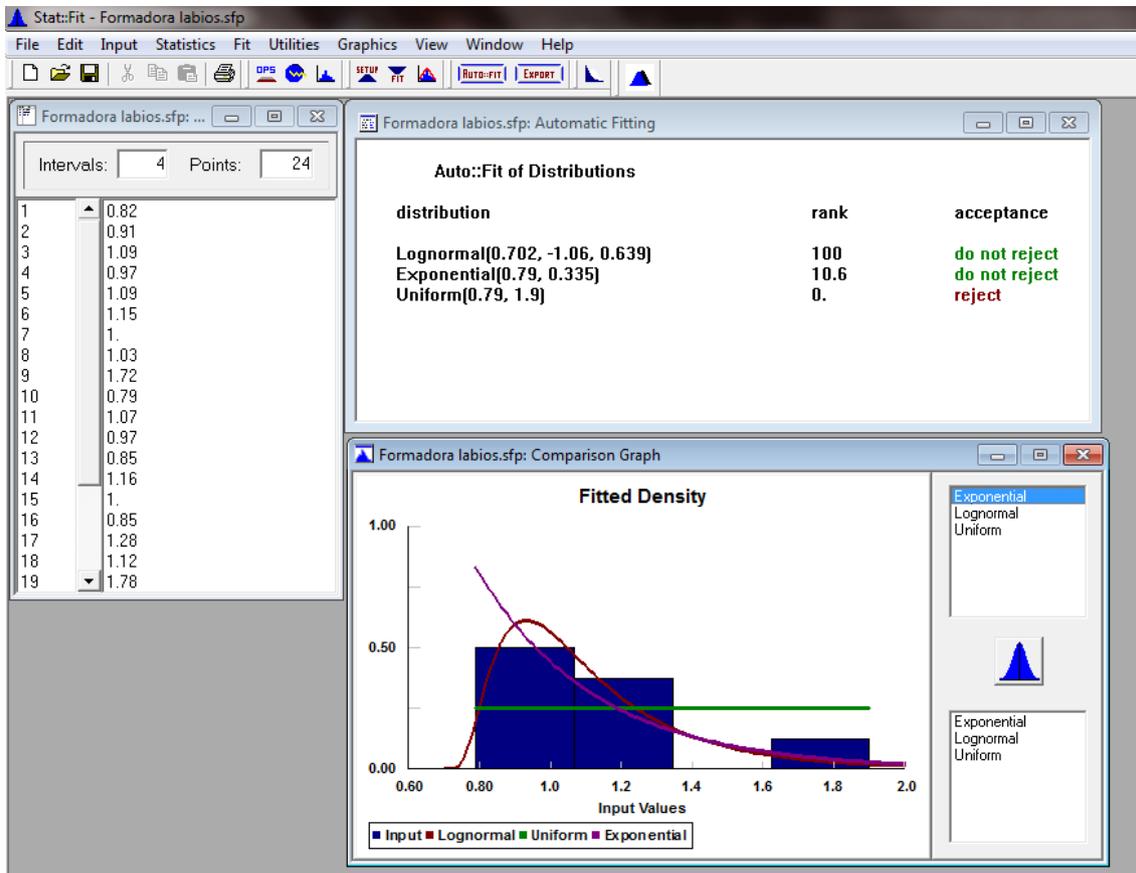


Figura 4.11 Gráfica del tiempo de trabajo de la formadora de labio por medio de Stat Fit

Puntos	24
Intervalos	4
Media	-1.06
Distribución	Lognormal

ENGARGOLADO BASE

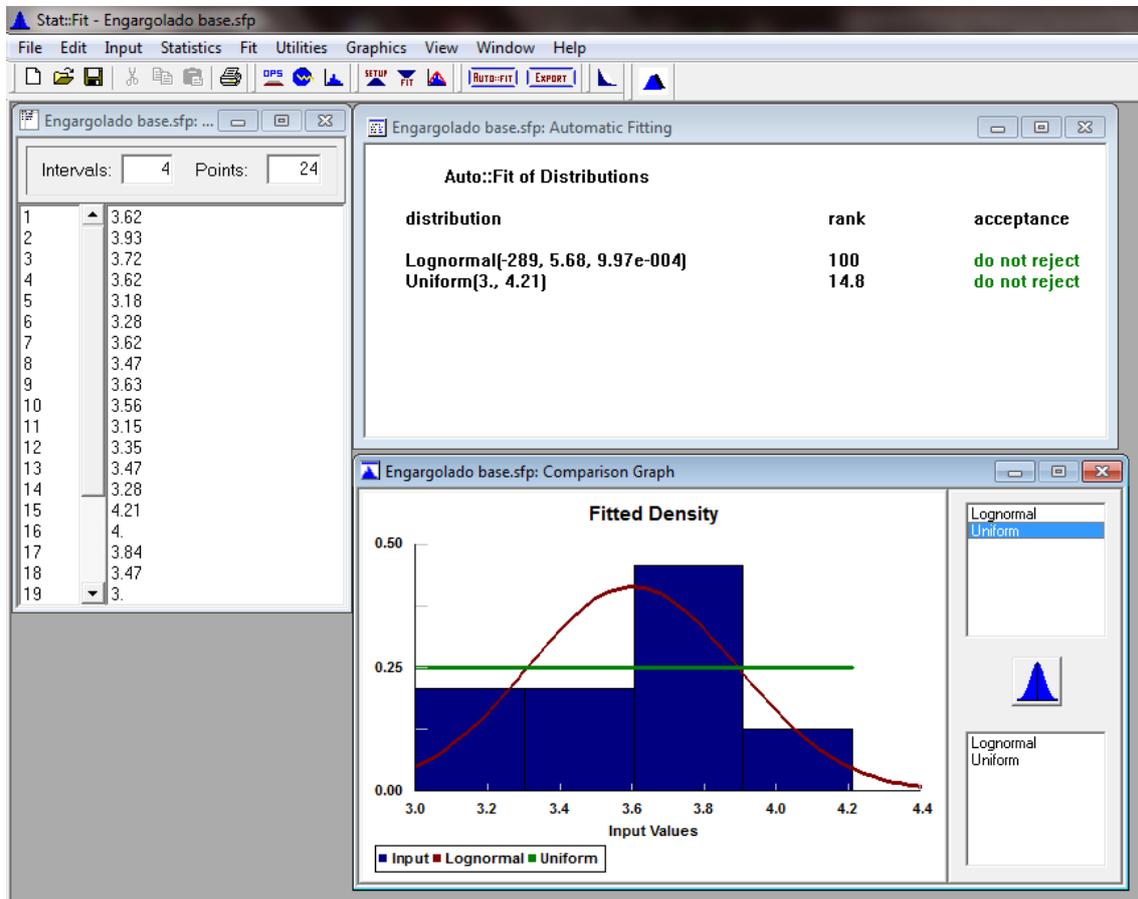


Figura 4.12 Gráfica del tiempo de trabajo de la Engargoladora base por medio de Stat Fit

Puntos	24
Intervalos	4
Media	5.68
Distribución	Lognormal

ENGARGOLADO BOQUILLA

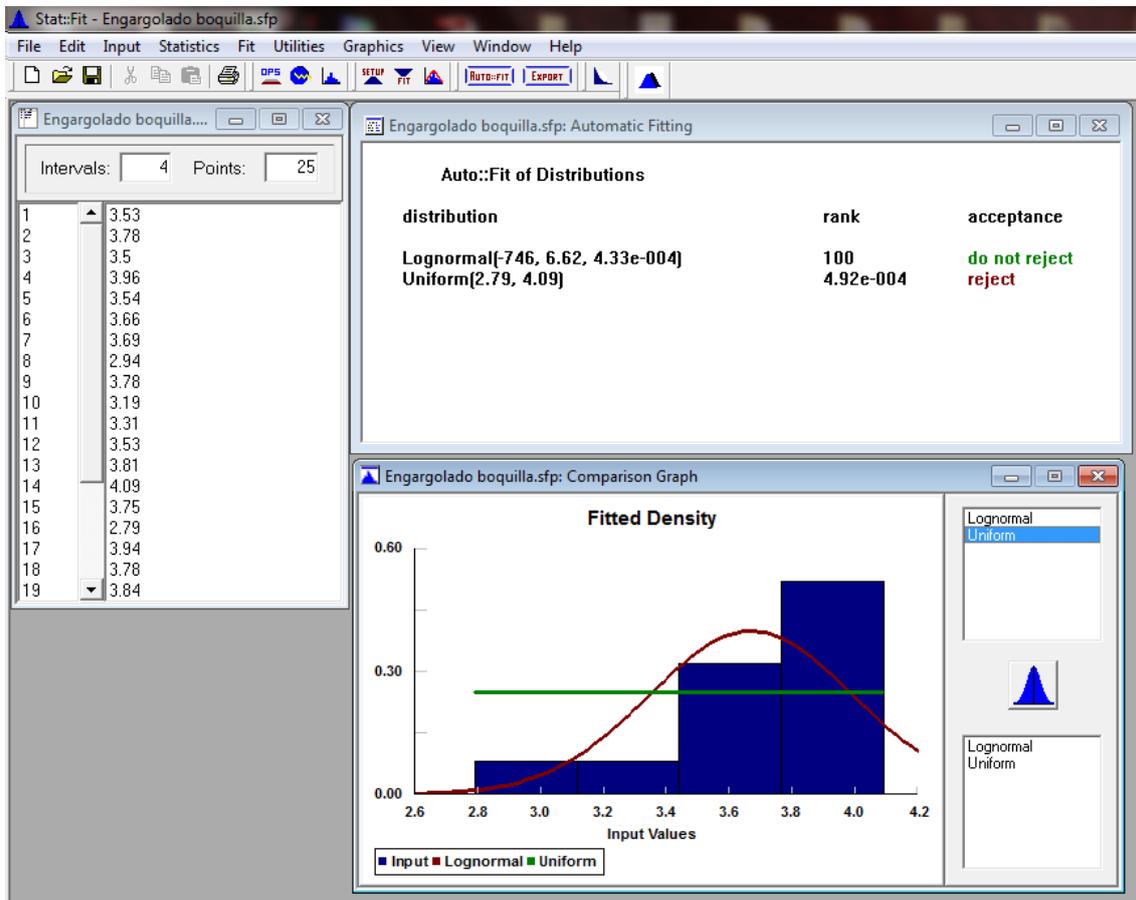


Figura 4.13 Gráfica del tiempo de trabajo de la Engargoladora boquilla por medio de Stat Fit

Puntos	25
Intervalos	4
Media	6.62
Distribución	Lognormal

PRUEBA DE FUGA

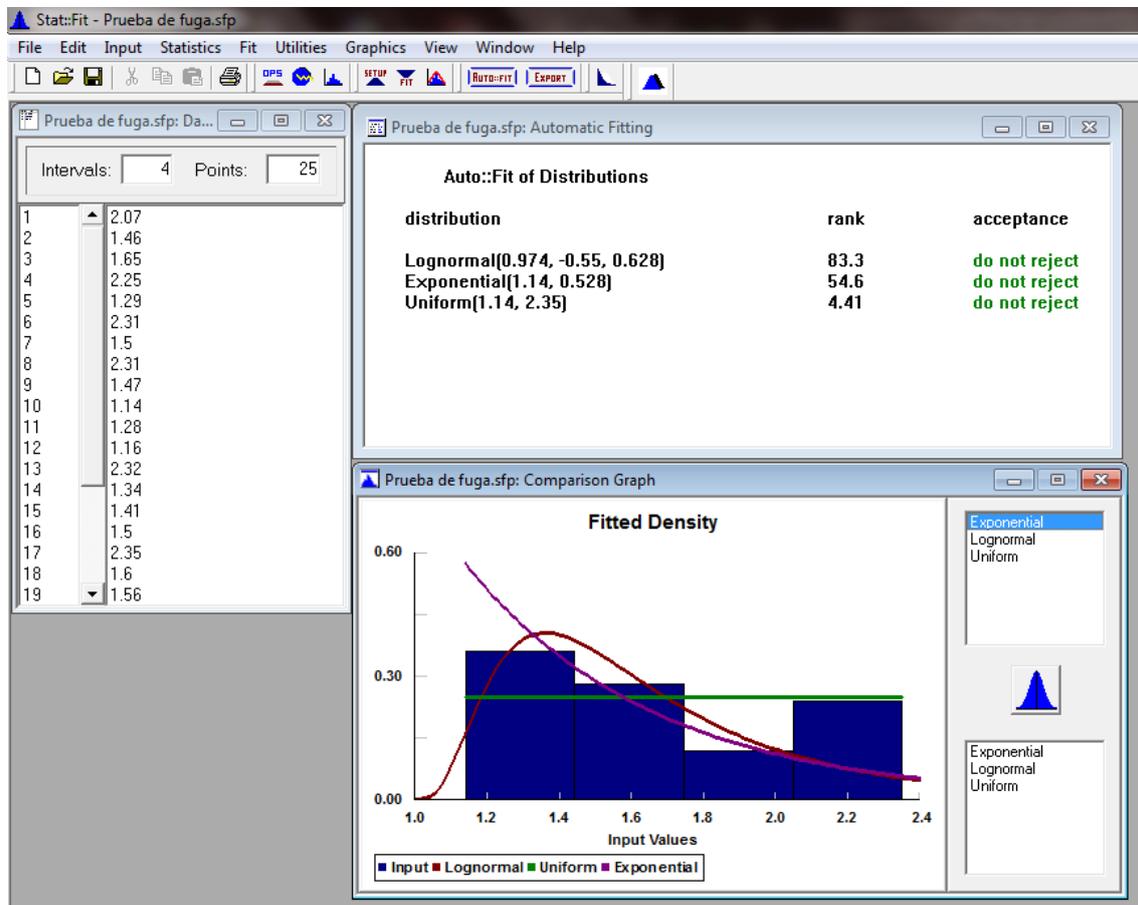


Figura 4.14 Gráfica del tiempo de trabajo de la prueba de fuga por medio de Stat Fit

Puntos	25
Intervalos	4
Media	-0.55
Distribución	Lognormal

PESTAÑADORA

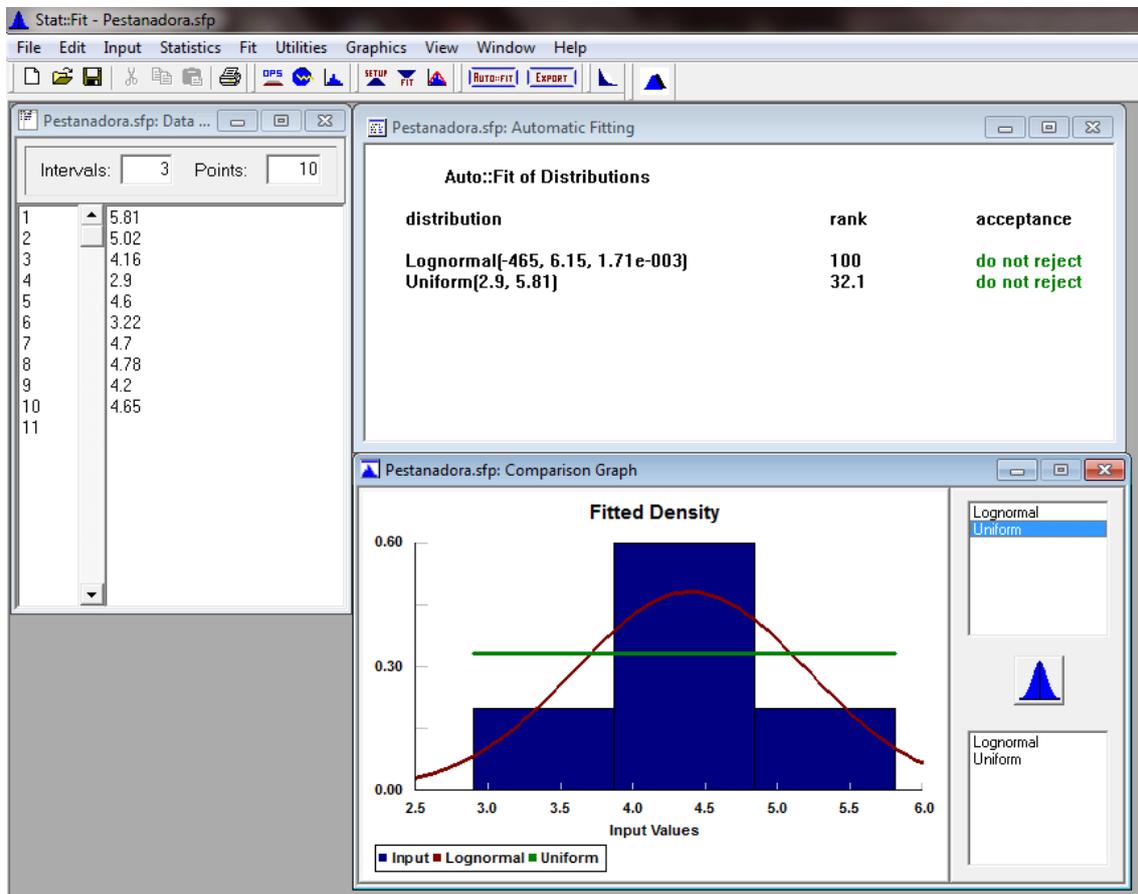


Figura 4.15 Gráfica del tiempo de trabajo de la pestañadora por medio de Stat Fit

Puntos	10
Intervalos	3
Media	6.15
Distribución	Lognormal

CUERDAS

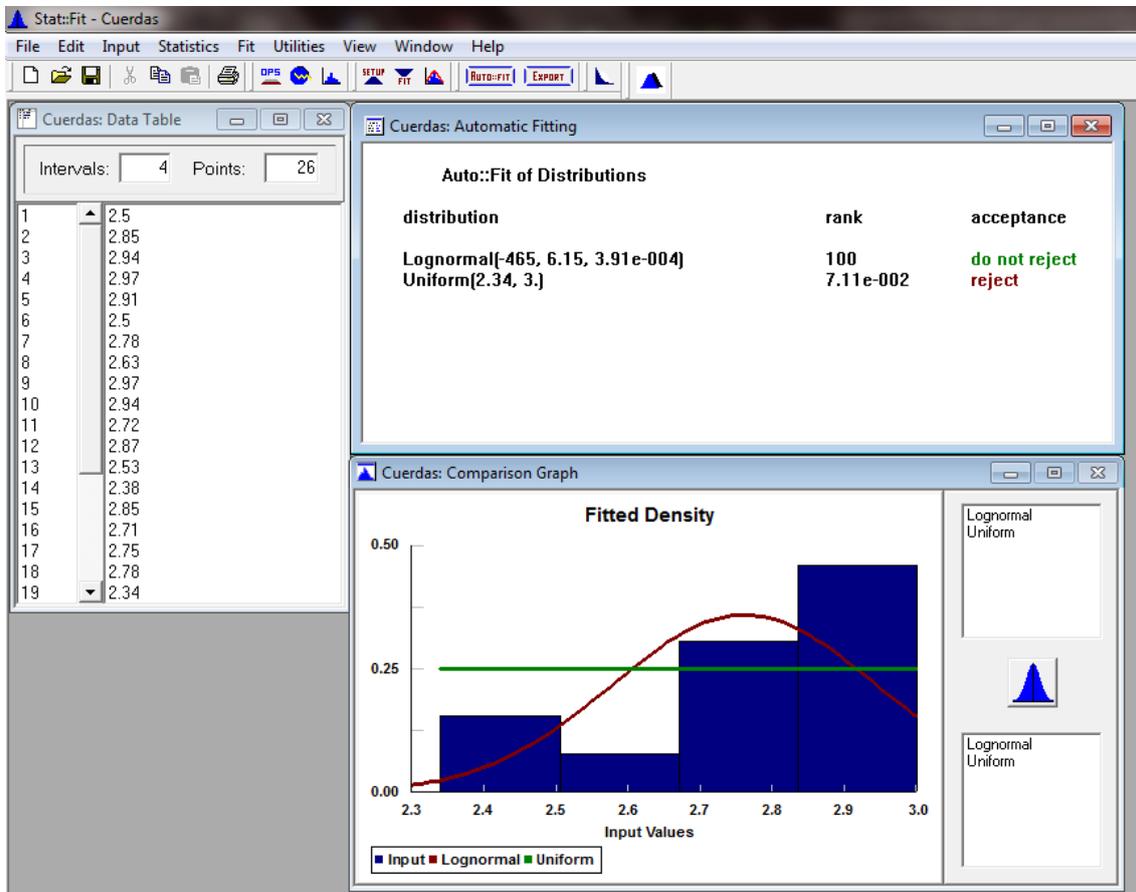


Figura 4.16 Gráfica del tiempo de trabajo de la formadora de cuerda por medio de Stat Fit

Puntos	26
Intervalos	4
Media	6.15
Distribución	Lognormal

PRENSA RECTIFICADO

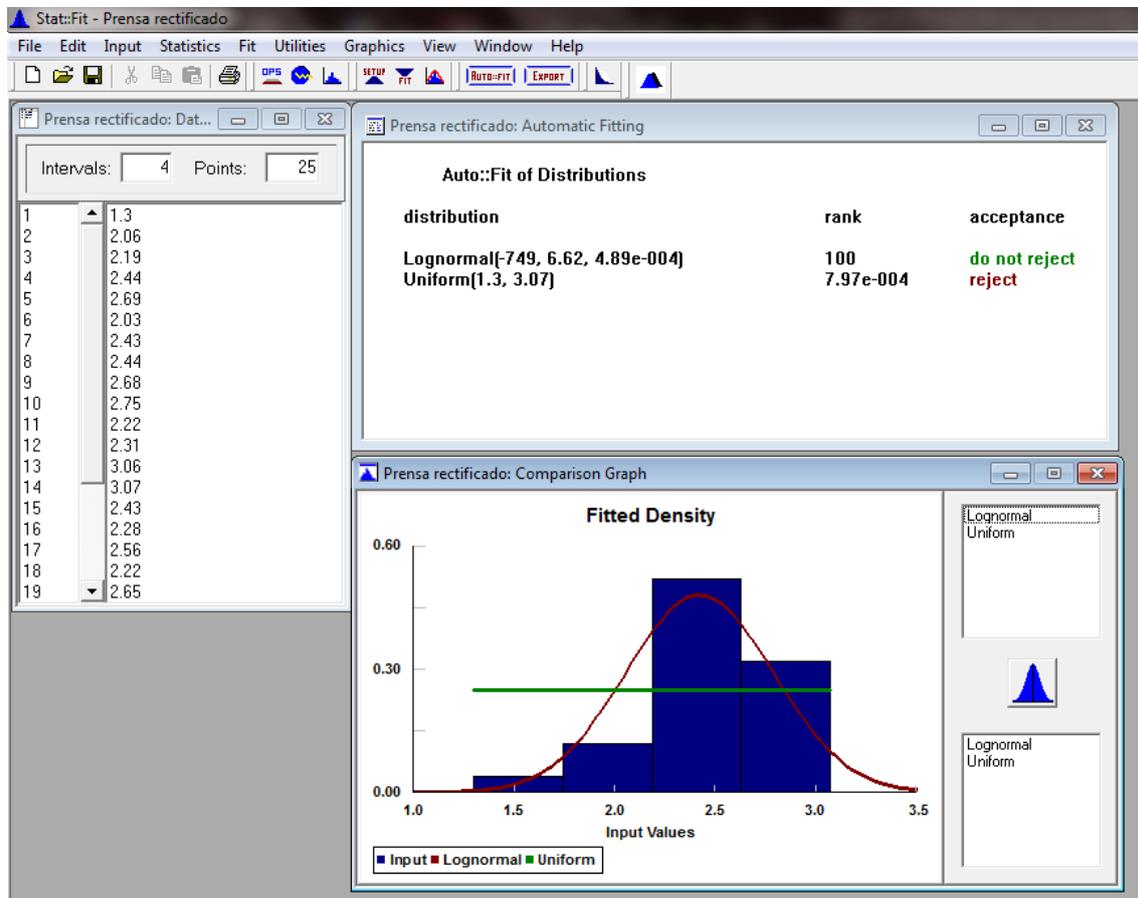
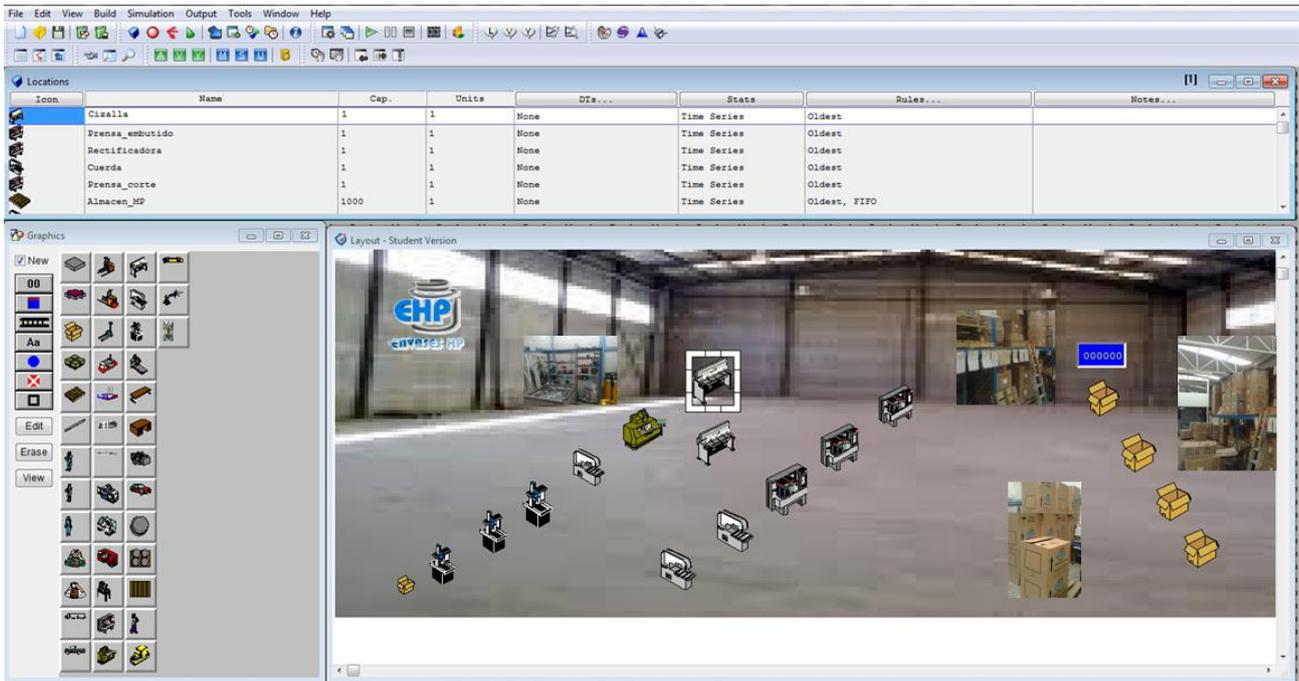


Figura 4.17 Gráfica del tiempo de trabajo de la prensa de rectificado por medio de Stat Fit

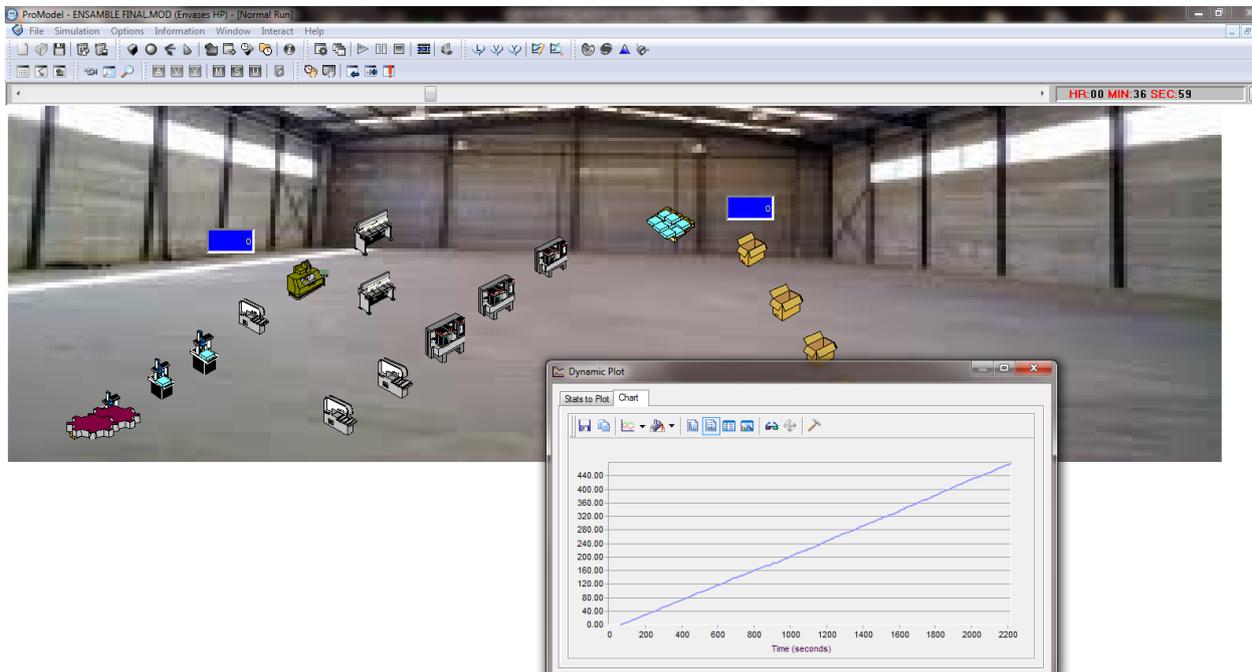
Puntos	25
Intervalos	4
Media	6.62
Distribución	Lognormal

4.4.5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

La información anterior nos permite conocer el comportamiento real de la demanda y consumo, para comenzar la construcción de nuestro modelo en PROMODEL ®, se definen las locaciones, entidades, recursos y procesos:



Y al ingresar los datos de STAT FIT y correr nuestro modelo, obtenemos el siguiente comportamiento con los datos reales:



Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cizalla	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prensa embudo	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rectificadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerda	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prensa corte	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen MP	8.00	1000.00	7200.00	19.71	295.70	604.00	604.00	29.57
Formadora labio	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rolladora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pestanadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora boquilla	8.00	1.00	6595.00	0.05	0.72	1.00	1.00	72.48
Engargoladora base	8.00	1.00	6596.00	0.07	1.00	1.00	1.00	98.78
Prueba de fuga	8.00	1.00	6594.00	0.02	0.29	1.00	1.00	29.38
Almacen cuerpo.1	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.2	8.00	1000.00	6593.00	1.77	24.37	50.00	43.00	2.44
Almacen cuerpo	16.00	2000.00	6593.00	1.77	12.19	0.00	43.00	1.22
Almacen tapa	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen boquilla	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen base	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen producto terminado	8.00	1500.00	131.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

Los resultados finales después de correr las simulaciones de los distintos procesos en una jornada de 8 horas son los siguientes:

	8 HORAS	PERSONAS EN EL PROCESO
CUERPO	5584 Pzas.	4
FONDO	7185 Pzas.	2
BOQUILLA	7183 Pzas.	5
TAPA	7185 Pzas.	3
ENSAMBLE	6593 Pzas.	5

En la línea de producción laboran 8 personas, por lo que se distribuyen los procesos de acuerdo a sus necesidades arrojando los siguientes datos:

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES		PROD SEMANAL	EXCEDENTE SEMANAL
CUERPO		5584	5584		5584		16752	3566
FONDO		7185					7185	
FONDO 2		7185					7185	1184
BOQUILLA	7183			7183			14366	1180
TAPA	7185			7185			14370	1184
BOTE TERMINADO			6593		6593		13186	

Teniendo así una producción mensual de 52744 envases terminados y un excedente de partes como se muestra en la siguiente tabla:

PROD MENSUAL	EXCEDENTE MENSUAL
67008	14264
57480	4736
57464	4720
57480	4736
52744	

4.5. CALENDARIZACION DE ACTIVIDADES PROPUESTA

Analizando estos resultados se propone un plan de trabajo diseñado para un mes, aprovechando la capacidad instalada máxima de la empresa, necesitando a 11 trabajadores en la línea de producción.

Se propone la siguiente calendarización de actividades.

SEMANA 1

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PROD SEMANAL	EXCEDENTE SEMANAL
CUERPO	5584	5584			5584	16752	-3027
FONDO			7185	7185			
FONDO 2				7185		21555	1776
BOQUILLA	7183	7183	7183			21549	1770
TAPA	7185	7183		7183	7183	28734	8955
ENVASE TERMINADO			6593	6593	6593	19779	16752

SEMANA 2

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PROD SEMANAL	EXCEDENTE SEMANAL
CUERPO	5584	5584		5584	5584	19309	-470
FONDO			7185			16146	-3633
FONDO 2			7185				
BOQUILLA	7183	7183				16136	-3643
TAPA	7185	7183	7183	7183	7183	44872	25093
TAPA 2							
ENVASE TERMINADO			6593	6593	6593	19779	16136

SEMANA 3

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PROD SEMANAL	EXCEDENTE SEMANAL
CUERPO	5584		5584	5584		16282	-3497
FONDO	7185	7185		7185	7185	32292	12513
FONDO 2				7185			
BOQUILLA	7183	7183			7183	17906	19779
TAPA			7185	7185		39463	19684
TAPA 2							
ENVASE TERMINADO		6593	6593		6593	19779	16282

SEMANA 4

	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	PROD SEMANAL	EXCEDENTE SEMANAL
CUERPO	5584	5584	5584	5584	5584	24423	-1949
FONDO		7185		7185		34068	7696
FONDO 2		7185					
BOQUILLA				7183		26962	590
TAPA	7185		7185		7185	41239	14867
TAPA 2							
ENVASE TERMINADO	6593	6593	6593		6593	26372	24423

Como se muestra, se programo semanalmente un plan de trabajo de la línea de producción donde se observa el excedente semanal que se tiene de cada parte del envase (cuerpo, fondo, boquilla, tapa, ensamble). Las cantidades negativas representan las piezas necesarias que se necesitarían para tener la producción completa estimada, pero debido a la falta de material o maquinaria disponible no se pueden llevar a cabo. Al final viene señalado el número total de envases estimados y los reales terminados. De esta forma se puede ocupar la máxima capacidad instalada de ENVASES HP y obtener una producción mensual de 73593 envases.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la grafica 3.1 (p.54), se pudo observar que existe una distribución normal en la demanda promedio del tiempo de entrega, donde d es la demanda diaria promedio y m es el tiempo de entrega. Si el punto de reorden se iguala a la demanda diaria del tiempo de entrega, el inventario que se tiene en el momento de recibir una orden será 0, en promedio. Es posible planificar el material que se necesite con base en el punto de reorden, el cual indica cuando pedir material y no incurrir en faltantes según la región factible. La región factible es la que esta delimitada por el inventario mínimo y el punto de reorden, para no caer en escasez de material.

Cuando aplicamos el modelo de Inventarios Estocástico (r,q) observamos que para reducir la probabilidad de faltantes es necesario incrementar la cantidad de piezas por pedido.

Además se recomienda capacitar apropiadamente al almacenista porque se observaron ciertos sesgos en los datos a raíz del cambio de personal de uno experimentado por otro novato.

RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

Por medio de la simulación con redes de petri se pudo obtener un modelo para la línea de producción, el cual refleja aspectos importantes del sistema, entre otros posibles cuellos de botella.

Mediante la simulación con PROMODEL se pudo obtener la capacidad máxima de producción (optimización) de cada parte de ensamblado del envase, en una jornada de 8 horas. Así como el nivel de la producción en ENVASES HP de 52744 envases mensuales.

Proponiendo un modelo de 4 semanas y aumentando el número de trabajadores de 8 a 12 personas y así aprovechar la capacidad instalada adecuadamente y poder llegar a una producción de 73593 envases, aumentando un 28.34% la producción actual.

La propuesta derivada de este estudio centrado en la producción mensual (4 semanas) con 11 personas, se puede alcanzar un nivel de producción de 73593 envases, que representa un aumento del 28.34% de la producción actual.

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE	PAG
Fig. 1.1	Planta baja de ENVASES HP 16
Fig. 1.2	Primer piso de ENVASES HP 17
Fig. 1.2.1	Pasos principales en el proceso de fabricación de un envase 18
Tabla 1.0	Características de las presentaciones de los envases de línea 19
Fig. 1.3	Bote de 4 piezas, con capacidad de 1lt, ½ lt, ¼ lt, 1/8 lt, 1/16 lt 19
Fig. 1.4	Tapa con rosca a 3 cuerdas 20
Fig. 2.1	Ejemplo de registro de Inventario 34
Fig. 3.1	Plantilla solver 52
Fig. 3.2	Costos por ordenar y por mantener en inventario los empaques 54
Grafica 3.1	Punto de equilibrio de inventarios 54
Fig. 3.3	Costos por ordenar y por mantener en inventario la lámina y latón 55
Fig. 3.4	Costos por ordenar y por mantener en inventario las borlas 55
Fig. 3.5	Costos por ordenar y por mantener en inventario el alambre 56
Fig. 3.6	Costos por ordenar y por mantener en inventario la soldadura 56
Fig. 4.1	Diagrama de flujo de la línea de ensamble de ENVASES HP 62
Fig. 4.2	Línea de producción 1 64
Fig. 4.3	Subsistema de la línea de producción 1 65
Fig. 4.4	Red de Petri del subsistema 1 66
Fig. 4.5	Subsistema 2 de la línea de producción 1 66
Fig. 4.6	Red de Petri del sistema completo 68
Fig. 4.7	Gráfica del tiempo de trabajo de la cizalla por medio de Stat Fit 74
Fig. 4.8	Gráfica del tiempo de trabajo de la prensa de corte por medio de Stat Fit 75
Fig. 4.9	Gráfica del tiempo de trabajo de la roladora por medio de Stat Fit 76
Fig. 4.10	Gráfica del tiempo de trabajo de la soldadora por medio de Stat Fit 77
Fig. 4.11	Gráfica del tiempo de trabajo de la formadora de labio por medio de Stat Fit . 78
Fig. 4.12	Gráfica del tiempo de trabajo de la Engargoladora base por medio de Stat Fit 79
Fig. 4.13	Gráfica del tiempo de trabajo de la Engargoladora boquilla por medio de Stat Fit 80
Fig. 4.14	Gráfica del tiempo de trabajo de la prueba de fuga por medio de Stat Fit 81
Fig. 4.15	Gráfica del tiempo de trabajo de la pestañadora por medio de Stat Fit 82
Fig. 4.16	Gráfica del tiempo de trabajo de la formadora por medio de Stat Fit 83
Fig. 4.17	Gráfica del tiempo de trabajo de la prensa rectificadora por medio de Stat Fit.84

BASE

base2.rdb - Output Viewer 3DR

File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General Locations Location States Multi Location States Single Failed Arrivals Entity Activity Entity States Variables

base2.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (MIN)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (SEC)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cizalla	480.00	1.00	7186.00	2.44	0.61	1.00	1.00	60.84
Prensa embutido	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rectificadora	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerda	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prensa corte	480.00	1.00	7185.00	1.15	0.23	1.00	0.00	28.70
Almacen MP	480.00	1000.00	7200.00	17.00	4.25	14.00	14.00	0.42
Formadora labio	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadora	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Roladora	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pestanadora	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora boquilla	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora base	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prueba de fuga	480.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.1	480.00	1000.00	143.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.2	480.00	1000.00	7185.00	95.22	23.76	50.00	35.00	2.38
Almacen cuerpo	960.00	2000.00	7328.00	93.37	11.88	0.00	35.00	1.19
Almacen tapa	480.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen boquilla	480.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen base	480.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen producto terminado	480.00	1500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

TAPA

tapa.rdb - Output Viewer 3DR

File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General Locations Location States Multi Location States Single Failed Arrivals Entity Activity Entity States Variables

TAPA.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cizalla	8.00	1.00	7186.00	0.05	0.74	1.00	1.00	73.92
Prensa embutido	8.00	1.00	7185.00	0.04	0.56	1.00	0.00	56.36
Rectificadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerda	8.00	1.00	7185.00	0.04	0.59	1.00	0.00	53.21
Prensa corte	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen MP	8.00	1000.00	7200.00	0.33	4.99	18.00	14.00	0.50
Formadora labio	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Roladora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pestanadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora boquilla	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora base	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prueba de fuga	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.1	8.00	1000.00	143.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.2	8.00	1000.00	7185.00	1.60	23.93	50.00	35.00	2.39
Almacen cuerpo	16.00	2000.00	7328.00	1.57	11.96	0.00	35.00	1.20
Almacen tapa	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen boquilla	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen base	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen producto terminado	8.00	1500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PRIMER ENSAMBLE

File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | **Locations** | Location States Multi | Location States Single | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

primer proceso.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cizalla	8.00	1.00	5589.00	0.09	1.00	1.00	1.00	99.79
Prensa embutido	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rectificadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerda	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prensa corte	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen MP	8.00	1000.00	6589.00	49.88	684.73	1000.00	1000.00	68.47
Formadora labio	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadora	8.00	1.00	5587.00	0.06	0.70	1.00	1.00	69.78
Roladora	8.00	1.00	5588.00	0.08	0.92	1.00	1.00	92.23
Pestanadora	8.00	1.00	5586.00	0.05	0.62	1.00	1.00	62.43
Engargoladora boquilla	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora base	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prueba de fuga	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.1	8.00	1000.00	111.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.2	8.00	1000.00	5584.00	2.08	24.20	50.00	34.00	2.42
Almacen cuerpo	16.00	2000.00	5695.00	2.04	12.10	0.00	34.00	1.21
Almacen tapa	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen boquilla	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen base	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen producto terminado	8.00	1500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

SEGUNDO ENSAMBLE

segundo ensamble.rdb - Output Viewer 3DR

File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General | **Locations** | Location States Multi | Location States Single | Failed Arrivals | Entity Activity | Entity States | Variables

segundo ensamble.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cizalla	8.00	1.00	7186.00	0.05	0.76	1.00	1.00	76.37
Prensa embutido	8.00	1.00	7185.00	0.04	0.60	1.00	0.00	60.36
Rectificadora	8.00	1.00	7185.00	0.04	0.66	1.00	0.00	66.37
Cuerda	8.00	1.00	7185.00	0.04	0.62	1.00	0.00	62.33
Prensa corte	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen MP	8.00	1000.00	7200.00	0.34	5.05	16.00	14.00	0.51
Formadora labio	8.00	1.00	7185.00	0.02	0.24	1.00	0.00	23.54
Soldadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Roladora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pestanadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora boquilla	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora base	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prueba de fuga	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.1	8.00	1000.00	143.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.2	8.00	1000.00	7185.00	1.59	23.79	50.00	35.00	2.38
Almacen cuerpo	16.00	2000.00	7328.00	1.56	11.90	0.00	35.00	1.19
Almacen tapa	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen boquilla	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen base	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen producto terminado	8.00	1500.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

ENSAMBLE FINAL

ensemble final.rdb - Output Viewer 3DR

File View Tools Window Help

Views: <undefined view>

General Report (Normal Run - Rep. 1)

General Locations Location States Multi Location States Single Failed Arrivals Entity Activity Entity States Variables

ENSAMBLE FINAL.MOD (Normal Run - Rep. 1)

Name	Scheduled Time (HR)	Capacity	Total Entries	Avg Time Per Entry (MIN)	Avg Contents	Maximum Contents	Current Contents	% Utilization
Cizalla	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prensa embutido	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rectificadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cuerda	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prensa corte	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen MP	8.00	1000.00	7200.00	13.71	295.70	604.00	604.00	23.57
Formadora labio	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Soldadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Rolladora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pestanadora	8.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Engargoladora boquilla	8.00	1.00	6595.00	0.05	0.72	1.00	1.00	72.49
Engargoladora base	8.00	1.00	6596.00	0.07	1.00	1.00	1.00	99.79
Prueba de fuga	8.00	1.00	6594.00	0.02	0.29	1.00	1.00	29.38
Almacen cuerpo.1	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen cuerpo.2	8.00	1000.00	6593.00	1.77	24.37	50.00	43.00	2.44
Almacen cuerpo	16.00	2000.00	6593.00	1.77	12.19	0.00	43.00	1.22
Almacen tapa	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen boquilla	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen base	8.00	1000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Almacen producto terminado	8.00	1500.00	131.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00

BIBLIOGRAFIA

LIBROS:

- Forgarty, Blackstone, Hoffman. (1995) *Administración de la Producción e Inventarios*.
- Bertsekas,D.(1997). *Introduction to linear optimization*. Athena Scientific.
- Luenberger, D.G.(1989). *Programación lineal y no lineal*. México D.F.
- Jorge E. (2000) *Enfoque moderno de planeación y control de recursos*.
- Jay, Heizer (2001) *Dirección de la producción (decisiones estratégicas)*.
- José Maria Castán (2003). *La logística en la empresa ,fundamentos y Tecnologías de la Información y de la comunicación*.
- Rigoberto Huevo (2004). *Administración de los inventarios*.

TESIS:

- Cruz Hernández, Pedro. (2000). *Aplicación de la investigación de operaciones a la administración de inventario*. Tesis maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Acosta Cabrera, Fernando. (2007). *La administración de inventarios con base a la teoría marginal, como una vía para optimizar los recursos en la empresa*. Tesis maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Morales Camacho, Daniel. (2005). *Implantación de un sistema de control en un almacén para producto terminado basado en el método ABC de administración*

de inventarios. Tesis maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

- Reyes Felipe, María Guadalupe. (2006). *Informe del proyecto de un sistema de inventarios basado en el diplomado de administración de base de datos*. Tesis maestría, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.

PAGINAS WEB:

<http://www.investigaciones-operaciones.com/inventarios-1.htm>

<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/fin/adminven.htm>

<http://www.soyentrepreneur.com/>

<http://www.gestiopolis.com/canales/gerencia/articulos/24/geslog.htm>.

<http://www.wikilearning.com/>

<http://fmarrerodelgado.galeon.com/inventario.htm>

<http://www.monografia.com/trabajos3/presupuestos/presupuestos.ahtml>