

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS
BELLO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE AMORTIGUACIÓN DEL
COMPORTAMIENTO DE LA FUNCIÓN SERVICIO, EMPLEANDO LA
HERRAMIENTA DESARROLLADA EN EL MARCO DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN VEN-PROBE EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
TOALLAS DE UNA EMPRESA TEXTIL.**

REALIZADO POR

**JOSMAR PIÑERÚA ESPINOZA
SERGIO FACCHI NAVA**

PROFESOR GUÍA

ING. HENRY GASPARÍN

FECHA

JULIO DEL 2003



**DETERMINACIÓN DE LAS VARIABLES DE AMORTIGUACIÓN DEL
COMPORTAMIENTO DE LA FUNCIÓN SERVICIO, EMPLEANDO LA
HERRAMIENTA DESARROLLADA EN EL MARCO DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN VEN-PROBE EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
TOALLAS DE UNA EMPRESA TEXTIL.**

JOSMAR PIÑERÚA ESPINOZA
SERGIO FACCHI NAVA

ING. HENRY GASPARÍN

JULIO DEL 2003



SINOPSIS

Adscrito a la Universidad Católica Andrés Bello se viene desarrollando el **Proyecto VEN-PROBE** (Venezuela – **P**rocess **B**ehavior **E**quations) el cual se propone formular ecuaciones que describan el comportamiento de la función servicio en el entorno empresarial latinoamericano. Una de las fases de este proyecto consiste en la identificación de las variables que atenúan el efecto látigazo (*bul lwhip effect*) en los procesos industriales.

Con el objetivo de desarrollar esta importante fase del **Proyecto VEN-PROBE**, se organizaron equipos de trabajo –integrados por estudiantes universitarios tesisistas-, para investigar e identificar las variables que amortiguan el comportamiento de la *función servicio* en diversas áreas de las empresas seleccionadas.

El estudio objeto de este trabajo especial de grado integra esta fase del proyecto. Su objetivo es determinar las variables que amortiguan el comportamiento de la *función servicio* en una empresa del sector textil. Para la investigación se utilizó la herramienta desarrollada en el marco del **Proyecto VEN-PROBE** que define la estructura metodológica empleada en este trabajo.

El marco metodológico se estructuró en 6 fases (Capítulo IV) que se describen a continuación:

- a. **Familiarización con la empresa** a través de visitas guiadas por personal especializado para facilitar el conocimiento de los procesos y definir los elementos más importantes para la generación de un modelo de simulación con el cual se ha de analizar el proceso productivo.
- b. **Diseño de Procedimientos**, o planificación de actividades de recolección de la información necesaria para la generación del modelo.



- c. **Recolección de datos**, según el procedimiento diseñado en la fase anterior destinado a la obtención de información necesaria para alimentar al modelo de simulación.
- d. **Construcción y validación del modelo**, diseño de la lógica necesaria para simular el proceso real aplicando el programa ARENA 5.0 DE ROCKWELL SOFTWARE® bajo el sistema operativo Windows de Microsoft y demostración de la similitud del modelo generado con el proceso real, mediante diferentes técnicas de análisis estadístico.
- e. **Generación de la matriz de variables** o selección de variables a analizar para determinar si atenúan o amortiguan el efecto latigazo (*bull whip*) en el proceso. Las variables seleccionadas fueron: capacidad instalada; horarios; curva de aprendizaje; política de inventarios. Cada una se modificó en el modelo de simulación a nivel alto y a nivel bajo en tres escenarios: demanda alta, demanda baja y demanda normal.
- f. **Análisis de resultados**, a través de diferentes enfoques: por escenario, por nivel, por variable y mediante la comparación de cada uno de ellos.

Posteriormente se determinó cuales de las variables seleccionadas atenuaron el efecto latigazo (*bull whip*) y qué orden. Se concluyó que:

- a. Las variables HORARIO y CAPACIDAD INSTALADA influyen de manera importante en la amortiguación del efecto latigazo (*bull whip*) del sistema.
- b. La variable CURVA DE APRENDIZAJE no influye significativamente el proceso.
- c. La variable POLÍTICA DE INVENTARIOS, descalabra el proceso tanto en su nivel alto como en su nivel bajo.



Índice

Sinopsis	IV
Introducción	1
I. Definición del estudio	3
1. El estudio y su delimitación	3
2. Objetivos del estudio	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos específicos	4
3. Alcance y limitaciones	5
4. Importancia y justificación	6
5. VEN-PROBE	
II. Marco teórico	12
1. Aspectos conceptuales	12
2. Técnicas y herramientas	13
3. Descripción del proceso de generación de la herramienta de investigación	22
III. Descripción del proceso textil	26



1. Entrada de la materia prima	26
2. Selección, apertura y limpieza	26
3. Hilatura	27
4. Preparación	29
5. Engomado	30
6. Tejido	32
7. Acabado textil	32
8. Confección	
9. Almacenamiento y despacho	
IV. Marco metodológico	33
1. Familiarización con la empresa	33
2. Diseño de procedimientos	35
3. Recolección de datos	36
4. Construcción y validación del modelo	38
5. Generación de la matriz de variables	45
V. Análisis de resultados	47
Conclusiones	65
Bibliografía	67
Glosario	
Anexos	



Índice de Tablas

Tabla 2.1:	Tabla de observaciones para el diseño de experimentos	21
Tabla 2.2:	Tabla ANOVA para diseño de experimentos de un solo factor	21
Tabla 4.1:	Cronograma para la recolección de datos	37
Tabla 4.2:	Datos recopilados y fuente de recolección	38
Tabla 4.3:	Comparación entre las cantidades arrojadas por el modelo de simulación y los valores reales	43
Tabla 4.4:	Comparación entre los tiempos arrojados por el modelo de simulación y los valores reales	44
Tabla 4.5:	Variables propuestas para análisis y áreas para su modificación	45
Tabla 4.6:	Codificación asignada a cada experimento realizado	46

Índice de Figuras



Figura 2.1:	Módulos de Arena	18
Figura 4.1:	Esquema metodológico	33
Figura 4.2:	Diagrama de Proceso General.	35

INTRODUCCIÓN

Numerosas variables inciden en los procesos productivos y afectan su capacidad, eficiencia, productividad, rentabilidad y otros factores de la salud económica, organizacional u operativa de una empresa. Monitorear y analizar de manera rutinaria y metódica el efecto de estas variables sobre el comportamiento del sistema productivo puede contribuir a optimizar los procesos a través del mejoramiento de indicadores tales como calidad, volumen de producción, velocidad y tiempo de respuesta.

El objetivo fundamental de este estudio es seleccionar algunas variables que intervienen en un proceso productivo específico y determinar cual es su impacto en los resultados de ese proceso.



El proceso industrial objeto de este estudio es la manufactura de toallas en C.A. TELARES DE PALO GRANDE, empresa venezolana ubicada en Caracas que fabrica la línea Ama de Casa, líder del mercado nacional.

Utilizando una herramienta de investigación desarrollada por el PROYECTO VEN-PROBE a lo largo de cuatro meses de trabajo de Marzo a Junio/2003:

- a. Se analizó el proceso de producción de la empresa (levantamiento del proceso).
- b. Se generó y validó un modelo de simulación del proceso productivo objeto de este estudio.
- c. Se seleccionaron las variables a analizar.
- d. Se modificaron por separado las variables seleccionadas en el modelo simulado, para determinar artificialmente su impacto en el proceso.
- e. Se realizó un análisis de sensibilidad para determinar el efecto de cada variable en la atenuación o intensificación de la curva de TIEMPO DE RESPUESTA.

Dada la complejidad del proceso fabril objeto de la investigación, la misma se limitó a:

- a. El estudio de uno solo de los productos que fabrica C.A. TELARES DE PALO GRANDE: la toalla de baño JUMBO SENSACIÓN, de color claro.
- b. El análisis de los efectos de cuatro variables (CAPACIDAD INSTALADA; HORARIOS; CURVA DE APRENDIZAJE Y POLÍTICA DE INVENTARIOS) sobre el comportamiento de un solo indicador del proceso productivo, el TIEMPO DE RESPUESTA.



Definición del estudio



1. EL ESTUDIO Y SU DELIMITACIÓN.

Para sobrevivir, toda empresa requiere que la FUNCIÓN SERVICIO alcance estabilidad en el tiempo. Estudios realizados han identificado un fenómeno que se conoce con el nombre de efecto latigazo (*bull whip*), que consiste en un impulso oscilatorio violento que se presenta al inicio del proceso



productivo y afecta el comportamiento de la FUNCIÓN SERVICIO. Este efecto latigazo debe amortiguarse para que la FUNCIÓN SERVICIO se estabilice y la empresa sobreviva en el tiempo.

A pesar de que se trata de un fenómeno ampliamente conocido, se desconoce cuáles son las variables del proceso productivo que influyen en su estabilización. Identificar y manipular estas variables puede facilitar el logro de su estabilidad y sentar las bases para la formulación de una ecuación.

2. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

2.1. Objetivo General: determinar las variables de amortiguación del comportamiento de la función servicio, empleando la herramienta desarrollada en el marco del PROYECTO VEN-PROBE, en el proceso de fabricación de toallas de una empresa textil.

2.2. Objetivos Específicos:

- 2.2.1. Identificar los elementos básicos de la línea de producción de la toalla de baño JUMBO SENSACIÓN, de color claro que fabrica la empresa venezolana C.A. TELARES DE PALO GRANDE, para generar un modelo de simulación de la misma.
- 2.2.2. Definir las variables requeridas para generar el modelo del proceso.
- 2.2.3. Recolectar la información requerida para el diseño y la construcción del modelo de simulación, utilizando técnicas y herramientas de investigación adecuadas.
- 2.2.4. Diseñar y construir un modelo de simulación del proceso de fabricación de la toalla JUMBO SENSACIÓN, utilizando la herramienta ARENA 5.0 de Rockwell Software®.
- 2.2.5. Validar el modelo de simulación del proceso de fabricación de la toalla JUMBO SENSACIÓN, con los datos reales de producción de la empresa venezolana C.A. TELARES DE PALO GRANDE.
- 2.2.6. Construir y aplicar un diseño de experimento estadístico para



relacionar las variables modificadas y los efectos resultantes.

2.2.7. Realizar un análisis de sensibilidad para determinar el efecto de las variables seleccionadas en la atenuación o intensificación del comportamiento de la curva de TIEMPO DE RESPUESTA del modelo de simulación del proceso de fabricación de la toalla JUMBO SENSACIÓN.

2.2.8. Familiarizarse con las ecuaciones de FUNCIÓN SERVICIO de Topkins & Asociados.

3. ALCANCE Y LIMITACIONES.

Este estudio se limita a:

3.1. El análisis de procesos de producción de una sola planta industrial: C.A. TELARES PALO GRANDE y a un solo producto: la toalla SENSACIÓN, tamaño JUMBO, color claro.

3.2. Los objetivos general y específicos arriba señalados.

4. IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN.

Hoy en día los procesos productivos son analizados a través de la función servicio., la cual es un indicador de la eficacia del proceso en una cadena de suministros. Cuando se inicia un proceso productivo esta función sufre lo que se conoce como latigazo (*bull whip*), es decir, un impulso oscilatorio y violento el cual se va amortiguando con el tiempo de manera que la función se estabiliza.

Existen unas ecuaciones que fueron desarrolladas por Topkins & Asociados que estudian la función servicio y el *bull whip*, estas ecuaciones describen el comportamiento de las variables que hacen que la FUNCIÓN SERVICIO se estabilice en el tiempo. Es de suma importancia lograr el asentamiento de la función servicio, ya que de otra manera no sería sustentable ningún proceso productivo.

En el IIE Annual Conference 2002 se realizó una validación de las ecuaciones de Topkins & Asociados bajo un régimen de demanda creciente constante, logrando encontrar las variables que amortiguan la FUNCIÓN SERVICIO. Se sabe que la mayoría de los productos que se fabrican en Latinoamérica no tienen este tipo de demanda, sin embargo existen



procesos productivos estables en estos países. Se desea determinar cuales son las variables que logran este fenómeno en los mercados de demandas altamente cambiantes.

Con este objetivo surge un proyecto de investigación llamado VEN-PROBE, el cual consta de tres importantes etapas:

1. La generación y validación de la herramienta de simulación.
2. La constitución de grupos de trabajo de investigación en distintos sectores productivos para determinar las variables amortiguadoras.
3. El planteamiento de las nuevas ecuaciones que rijan el comportamiento de la función servicio para estos mercados.

Este trabajo especial de grado constituye uno de los grupos de la segunda etapa del PROYECTO VEN-PROBE.

5. VEN-PROBE

A pesar de que en Latinoamérica la demanda generalmente no es creciente y constante, se observan numerosos procesos estables, funcionales y perentorios. El PROYECTO VEN-PROBE de la Universidad Católica Andrés Bello, surge para responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo pueden existir procesos estables, funcionarios y perentorios, ante una demanda que generalmente no es creciente y constante?

Se trata entonces de identificar las variables que logran amortiguar los procesos y formular ecuaciones que rijan el comportamiento de la función servicio en Latinoamérica. Para ello se organizaron grupos de investigación integrados por estudiantes universitarios, en distintos sectores productivos del país: aerolíneas, textileras, agroindustria; laboratorios; entidades financieras; hospitales; industria plástica; industria alimenticia, entre otros.

PROYECTO VEN-PROBE (**VENEZUELA – PROCESS BEHAVIOR EQUATIONS**) desarrolló entonces una línea de investigación que emplea herramientas que serán validadas, para modelar diferentes procesos productivos o de servicio y formular nuevas ecuaciones que se adapten a las características propias del mercado venezolano, diferentes a las de países desarrollados y económicamente estables.

PROYECTO VEN-PROBE está adscrito al programa RETO PYME (RESCATE TOTAL DE LA PEQUEÑA Y MEDIANA EMPRESA). El sector de la pequeña y mediana empresa se ha visto seriamente afectado por las actuales condiciones políticas y económicas de Venezuela. Las empresas de este



sector comparten algunas dificultades, como la limitada especialización de su fuerza laboral, que limitan sus posibilidades de recuperación.

5.1. Objetivo del PROYECTO VEN-PROBE

Establecer las variables que logran atenuar el efecto latigazo (*bull whip effect*) en los procesos industriales latinoamericanos y así poder construir las ecuaciones adecuadas a nuestro entorno.

5.2. Metodología del Proyecto

- 5.2.1. Generación de la herramienta de investigación (ver Capítulo II, Marco Teórico, página 22)
- 5.2.2. Aplicación de la herramienta de investigación. Como ejemplo de esta fase se inscribe el presente trabajo de investigación cuyos resultados alimentarán el DATA MINING del proyecto general.
- 5.2.3. Generación y entrenamiento de un sistema de redes neurales
- 5.2.4. Aplicación de las redes neurales como herramienta de investigación. Fase en la cual se generará la segunda etapa del DATA MINING de la investigación general.
- 5.2.5. Obtención de las ecuaciones que describen los procesos industriales venezolanos. Fase que se obtendrá como resultado final de la investigación general.
- 5.2.6. Replicación del proyecto en otros países latinoamericano
- 5.2.7. Determinar las alternativas para aumentar la productividad y reducir desperdicio mediante técnicas de Lean Manufacturing.

REDES NEURALES Y SU APLICACIÓN EN PROYECTO VEN-PROBE



Por su capacidad para percibir, comprender, predecir y manipular información de gran tamaño y complejidad, la INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA) se ha introducido en diversos campos de la ingeniería y la ciencia aplicada, para sistematizar y automatizar gran parte del trabajo normalmente reservado a expertos.

En los estudios de PROYECTO VEN-PROBE, se trabajará con modelos matemáticos inspirados en sistemas biológicos, adaptados y simulados en computadoras convencionales. Estos modelos son REDES NEURONALES ARTIFICIALES (RNA), exitosas en la solución de problemas antes reservados exclusivamente a los humanos. Áreas de aplicación de las RNA son: análisis financiero, procesamiento de señales, mercadotecnia, automatización y robótica, diagnóstico médico, clasificación y reconocimiento de patrones, control y optimización de procesos.

Una RED NEURAL intenta realizar simulaciones computacionales del comportamiento de partes del cerebro humano replicando en pequeña escala los patrones de desempeño en la formación de resultados a partir de los sucesos percibidos.

La aplicación de INTELIGENCIA ARTIFICIAL a la clasificación de procesos de empresas venezolanas basándose en sus variables características, permitirá determinar cuáles de estas empresas tienen procesos sujetos a algún riesgo. Con la clasificación de procesos los expertos del área evitarán la simulación de la totalidad de los procesos. El sistema inteligente aportará información útil para la toma de decisiones con respecto a la oferta de servicios de calidad y utilización adecuada los recursos. El grupo de Ingeniería Industrial del Proyecto VEN-PROBE correrá las simulaciones para las empresas. Los resultados serán la base de conocimiento para el sistema artificial a crear. RNA se aplicará en el estudio de Proyecto VEN-PROBE para predicción de resultados de y la correlación de variables de los procesos:

Predicción de resultados: Las RNA son capaces de realizar predicciones de los valores o las tendencias que resultan de analizar ciertos patrones que afectan a un sistema con un gran nivel de exactitud. Con las RNA se pueden correr una gran cantidad de procesos, variando sus condiciones iniciales y obtener los resultados o tendencia de los tiempos de respuesta.

Correlación de variables. Con la simulación es posible aumentar o disminuir las variables y predecir los resultados de los tiempos de respuestas bajo los distintos escenarios de demanda. En las simulaciones realizadas a los distintos procesos en VEN-PROBE se efectúan los cambios en las variables pero de forma individual, siendo imposible obtener predicciones correlacionando n variables dentro de un



mismo escenario de simulación. Esta limitación se debe a la complejidad de combinar distintas variables dentro de una simulación.

Entrenamiento. Las RNA se entrenarán con un primer lote de datos obtenidos del DATA MINING de las simulaciones. El sistema se va alimentando con los distintos casos simulados. Un caso debe tener la entrada (valores de la demanda y valores de las variables) y la salida (tiempo de respuesta del proceso).

Con estos parámetros (entradas y salidas del caso), la RNA va aprendiendo y con la introducción de los diversos patrones de entrada se la obliga a dar los valores de los resultados muy cercanos al parámetro de salida del caso simulado.

Pruebas y validación de las RNA. Con otro lote de casos simulados distintos a los utilizados para el entrenamiento del sistema RNA, se introducen parámetros de entrada y se comparan los resultados obtenidos por las RNA con los resultados obtenidos por la simulación. La validación de las RNA ocurre si el sistema continúa generando valores cercanos a los de la simulación.

REPLICACIÓN DEL PROYECTO EN OTROS PAÍSES LATINOAMERICANOS.

Este estudio pionero adelantado por PROYECTO VEN-PROBE constituye un paso inicial para motivar al resto de los países latinoamericanos a indagar sobre los procesos productivos y determinar cuáles son las variables que contribuyen a amortiguar la función servicio. Ello permitiría conocer las debilidades y transformarlas en fortalezas para el futuro.

Con excepción de México, Chile y Brasil, los países latinoamericanos presentan una economía inestable que se refleja en el comportamiento de la demanda de productos. Ello impide a las empresas una planificación efectiva de sus procesos productivos, a los cuales los países desarrollados consideran sustentables en el tiempo. De las condiciones del parque industrial de cada país depende en gran medida un mejor o peor desenvolvimiento de la economía. Dadas las similitudes existentes con otros países latinoamericanos, los estudios sobre procesos productivos y desarrollo de modelos que se adelanten en Venezuela pudieran tener aplicación más allá de nuestras fronteras. Cabe pensar que las variables que hacen posible la estabilización de la función servicio sean comunes entre algunos países, debido a la similitud cultural y de costumbres. Por otro lado, también es factible la identificación de variables relevantes para unos países y no relevantes para otros.



LEAN MANUFACTURING

Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, servicio y a los procesos aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir DESPERDICIOS y MEJORAR LAS OPERACIONES, basándose siempre en el respeto por el Trabajador.

Fue en la industria automotriz donde los sistemas de producción comenzaron a sufrir modificaciones. A finales del siglo XX fueron los japoneses de la firma Toyota los que iniciaron esta revolución con un método más que conocido en el ambiente industrial, el Toyota Production System (TPS). Las limitaciones de espacio y la necesidad de atacar mercados más pequeños con una mayor variedad de vehículos fueron los verdaderos impulsores de la nueva técnica. La producción debe obedecer a la eficiencia, a la eliminación de los procesos desperdiciados y al aprovechamiento de los espacios físicos, es decir, debe ser “más delgada”.

El Sistema de Lean Manufacturing o Manufactura Esbelta fue desarrollado en Japón, fue concebida por los grandes gurus del Sistema de Producción en la Compañía Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre algunos hace más de veinte años y ha sido implantando y mejorado en los últimos diez años por Compañías de todo el mundo.



III

Descripción del Proceso Textil

El proceso industrial de producción de la toalla de baño SENSACIÓN TIPO JUMBO de color claro, que fabrica de C.A. Telares Palo Grande se divide en varias etapas o sub-procesos, a saber:

- **ENTRADA DE LA MATERIA PRIMA:** Recepción y almacenamiento de pacas de fibras de algodón que llegan a la planta en camiones.
- **SELECCIÓN, APERTURA Y LIMPIEZA.** Alimentación de la materia prima en las máquinas abridoras donde se elimina el conglomerado de fibras para luego lograr su homogeneidad en la mezcladora.
- **HILATURA.** Procesamiento de las cintas de algodón provenientes de los MANUARES en los AUTOCOROS, para obtener conos de hilo de diferentes títulos.
- **PREPARACIÓN.** Transformación de los conos de hilo que provienen de los AUTOCOROS, en ANTEPLEGADORES y conos de hilo para cenefa.
- **ENGOMADO.** Aplicación de encolantes y producción de plegadores.



- **TEJIDO.** Entrelazado de hilos de urdimbre con los de trama hasta formar el tejido propiamente dicho.
- **ACABADO TEXTIL.** Tratamiento de los tejidos para dotarles de características requeridas para su comercialización.
- **CONFECCIÓN.** Cortado y costura de rollos de toallas para la obtención del producto final.
- **ALMACENAMIENTO Y DESPACHO.** Almacenamiento del producto final, según la normativa de inventario.

A continuación una descripción más detallada de cada etapa del proceso (ver fotos en Anexos No 2).

1. ENTRADA DE LA MATERIA PRIMA

Las remesas del insumo principal del proceso de fabricación de toallas –el algodón importado o nacional-, llega a la planta en camiones en forma de pacas de peso variable; se descargan y almacenan antes de proceder a su análisis en el laboratorio y posterior introducción en el proceso fabril.

2. PROCESO DE SELECCIÓN, APERTURA Y LIMPIEZA.

El laboratorio de planta textil examina muestras de cada una de las pacas de algodón y analiza los factores para preparar la mezcla de algodón, a saber: finura, resistencia, contenido de azúcar, longitud y grado.

La mezcla es la selección y clasificación de las pacas de algodón a utilizar para alimentar de forma homogénea al OPTOMIX. Esta máquina:

- Succiona y abre uniformemente los copos de algodón.
- Mediante discos internos y aire, elimina las partículas de metales que puedan traer.

A través de ductos aéreos, los copos de algodón pasan al primer y segundo INCLINADO donde, por choques consecutivos entre los copos, se eliminan semillas, cascarillas y demás elementos contaminantes que posea la fibra.



Limpios, los copos de algodón pasan a la CÁMARA DE RESERVA donde se almacenan hasta pasar por presión al FLOCK FEED que lo distribuye hacia las CARDAS previamente seleccionadas.

Las CARDAS hacen la primera orientación de las fibras; las disponen en forma paralela unas con otras; eliminan las fibras cortas no deseables y producen cintas de grosor determinado.

Estas cintas se depositan en recipientes con ruedas en los que se les traslada a los MANUARES.

3. PROCESO DE HILATURA.

Potes conteniendo las cintas provenientes de las CARDAS, entran a los MANUARES de primer y de segundo pase. Estas máquinas regulan las cintas, a través de una operación de doblaje y estiramiento que perfecciona la mezcla.

Las cintas que salen del MANUAR de primer pase caen en pots con capacidad aproximada de 6.000 metros de cinta. De allí entran al MANUAR de segundo pase; al salir, cinta se almacenan en pots con capacidad aproximada de 3.000 metros.

Estos pots se distribuyen a las cuatro líneas de AUTOCORO donde las cintas de algodón se convierten en hilo de distintos títulos. En este proceso se estira la cinta y se aplica torsión de acuerdo al título que se desee obtener:

- Hilos de título 16: para la fabricación de la felpa.
- Hilos de título 20: para la fabricación del fondo.
- Hilos de título 12: para la trama de las toallas.

Este hilo va directamente al telar, mientras que los dos anteriores van al proceso de preparación.

En el AUTOCORO los hilos se van embobinando en cilindros de plástico donde quedan a la espera de servir de insumo en procesos posteriores.

4. PROCESO DE PREPARACIÓN.

Los conos de hilo llegan al área de preparación donde se distribuyen según su título (ver recorrido Anexo No. 1)



4.1. El hilo título 16, que se conoce con el nombre de 16 UN CABO (16/1) por estar conformado por una única hebra de hilo, se utiliza para:

- En la fabricación de anteplegadores para la felpa de las toallas.
- En los conos de hilos para la cenefa de las toallas.

A continuación se explican cada uno de estos procesos.

4.1.1. Fabricación de anteplegadores para la felpa de las toallas.

4.1.1.1. Los conos hilo 16 provenientes del proceso de hilatura se montan directamente en las filetas de la URDIDORA, que reúne los hilos en el anteplegador.

4.1.1.2. De la URDIDORA salen 4 anteplegadores de felpa, cada uno de 36.000 metros, en dos cargas o *montadas*: una de 437 conos de hilo, de donde salen dos anteplegadores; otra de 436 conos de hilo, de donde salen los otros 2.

4.1.2. Fabricación de conos de hilo para cenefa.

El hilo para cenefa se denota 16/2 por estar conformado por dos hebras de hilo que se obtienen al pasar el hilo de un cabo por los siguientes procesos.

4.1.2.1. El hilo 16/1 que viene del AUTOCORO se embobina en un cono truncado en la máquina AUTOCONER.

4.1.2.2. Los conos truncados se emparejan y se introducen en la RETORCEDORA VOLKMANN la cual, mediante la unión y el retorcido de dos conos truncados, forma un hilo de dos cabos.

4.1.2.3. Este hilo retorcido se *reencona*¹ en conos de metal en la BKN.

¹ Término acuñado por personal de la planta para indicar el cambio de un cono a otro.



4.1.2.4. Estos conos de metal pasan al área de acabado textil en grupos de 297. Allí el hilo se somete al proceso del descruce.

4.1.2.5. Descrudado el hilo, los conos de metal vuelven al área de preparación y en la BKN se *reenconan* en conos de plástico.

4.1.2.6. En estos conos de plástico se llevan al telar para la fabricación de la cenefa.

4.2. El hilo 20 que viene del AUTOCORO es de un cabo. Para hacer el fondo de las toallas, debe convertirse en dos cabos a través del siguiente proceso.

4.2.1. Fabricación de anteplegadores para el fondo de las toallas.

4.2.1.1. El hilo 20/1 sale del AUTOCORO hacia el AUTOCONER y la IKN para convertirse en un cono truncado.

4.2.1.2. Este cono truncado pasa en parejas a la RETORCEDORA VOLKMANN para formar el hilo 20/2.

4.2.1.3. Pasa luego a la URDIDORA de donde salen 4 anteplegadores de fondo, cada uno de 13.500 metros, en dos cargas o *montadas*: una de 457 conos de hilo, de donde salen dos anteplegadores; otra de 456 conos de hilo, de donde salen los otros 2.

5. PROCESO DE ENGOMADO.

Grupos de 4 anteplegadores de fondo y felpa provenientes del área de preparación se montan en máquinas que elaboran los plegadores: la SUCKER Y LA WEST POINT.



En el engomado, todos los hilos de los 4 anteplegadores pasan simultáneamente a través de un baño de encolantes para conferirles una mayor resistencia, aumentar su suavidad y elasticidad y evitar la formación de pelusillas.

Los plegadores de fondo y felpa elaborados tienen 1.826 y 1.746 hilos, respectivamente, y son los que forman la urdimbre en el telar.

6. PROCESO DE TEJIDO.

Los plegadores engomados se montan por pareja en los telares: dos de felpa y dos de fondo. De allí salen las *bajadas*² conformadas por un número variable de rollos de toallas de distintas *referencia*³ hacia el área de acabado textil.

La tasa de consumo del fondo y de la felpa es distinta y depende de la *referencia*. Por lo tanto, el montaje de fondo y felpa generalmente no se hace de manera simultánea.

7. PROCESO DE ACABADO TEXTIL

Los rollos de toallas que vienen del telar se someten aquí a un proceso de semiblanqueo y teñido, que se explica a continuación.

7.1. Semiblanqueo. Consiste en una oxidación de la celulosa (algodón), mediante un proceso químico para obtener una fibra blanca. El proceso se realiza impregnando los rollos de toallas con detergentes, soda cáustica, silicato de sodio y agua oxigenada en caliente (90° C). Se dejan en una tina aproximadamente 45 minutos para que absorba el químico y luego se procede a sacar estos químicos con un lavado con agua y detergentes a temperatura ambiente. Las toallas salen de la lavadora se llevan por medio de un riel a unas fosas donde esperan su turno para el secado. Secadas las toallas, se enrollan y esperan a ser teñidas.

² *Bajadas*. Nombre que se asigna al grupo de rollos de toallas que salen simultáneamente del telar. Mientras más angostas sean las toallas, mayor es el número de rollos por *bajada*.

³ *Referencia*: tipo de producto.



7.2. Teñido. Consiste en la aplicación del colorante a los hilos y telas por inmersión en una solución con productos químicos auxiliares. El colorante se difunde en la fibra y se fija dependiendo de cada tipo de colorante y de su afinidad con la fibra textil. En la planta el teñido se clasifica en tres: el de los blancos, el de los colores claros y el de los colores oscuros.

7.2.1. Teñido de toallas blancas. Las toallas blancas pasan por un nuevo proceso de semiblanqueo en el que se les impregna blanco óptico. En el lavado se les agrega otros productos que cuidan el pH.

7.2.2. Teñido de toallas de color claro. Se tiñen con reactivos o en tina, se lavan con detergentes y pasan a unas fosas donde esperan por el secado.

7.2.3. Teñido de toallas de colores oscuros. En una tina se impregnan del color; se enrollan y forran en plástico por 8, 12 o 24 horas para que absorban el colorante. Se lavan y pasan a unas fosas donde esperan por el secado. Antes de su confección se someten a un control de calidad.

7.3. Descrude de los hilos de cenefa. Mediante un proceso químico, se eliminan las grasas naturales que contiene la fibra, la cual recibe un tratamiento con álcalis (soda cáustica) en solución caliente, que polimeriza y transforma la celulosa, lo que le confiere a las fibras brillo y blancura. Esto se hace colocando los conos de metal provenientes de preparación en una máquina que tiene 11 espadas. Se colocan 27 conos por cada espada y luego de cargada la máquina se sumerge en una tina que contiene la soda cáustica. Los hilos se lavan, se secan y se toma una muestra de 3 conos que va al laboratorio para determinar la efectividad del descrude. Aprobados en el laboratorio, los conos de metal se devuelven al área de preparación.



8. PROCESO DE CONFECCIÓN.

Las toallas que vienen unidas del área de acabado textil, se cortan, se le cose el borde con las etiquetas, se doblan y se clasifican en toallas de primera o segunda, según su calidad.

Luego se empaquetan según el tamaño y se envían al área de despacho.

9. PROCESO DE ALMACÉN Y DESPACHO.

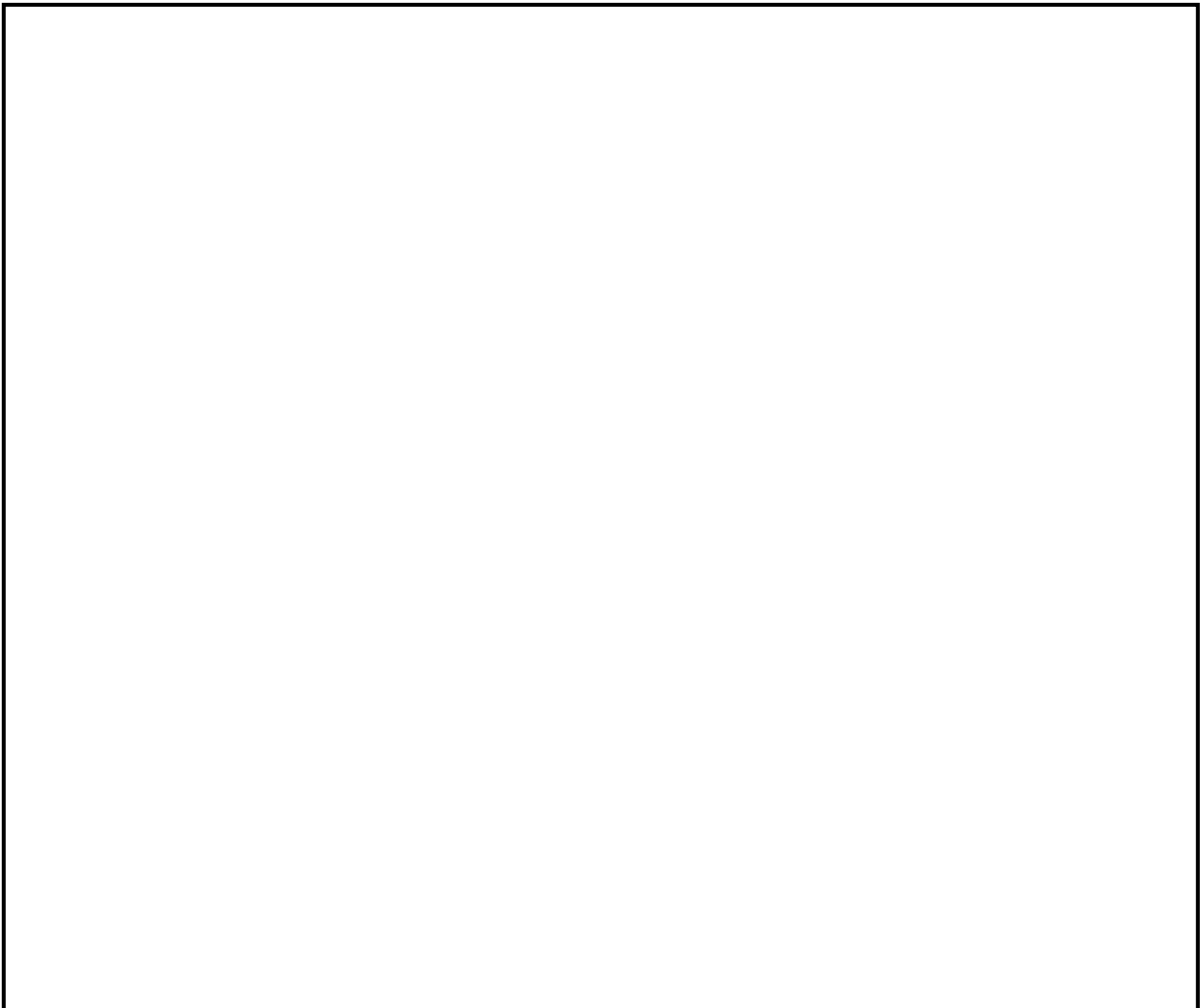
El producto se almacena bajo condiciones que garanticen la conservación de su calidad. Se inspecciona periódicamente para detectar posibles deterioros empleando métodos de acuerdo a cada tipo de productos y la incidencia que pudiera tener en ellos los elementos climatológicos.



Marco Metodológico

IV

La metodología se estructuró en seis fases. Cada una de ellas con un objetivo y unas actividades, que se esquematizan a continuación:



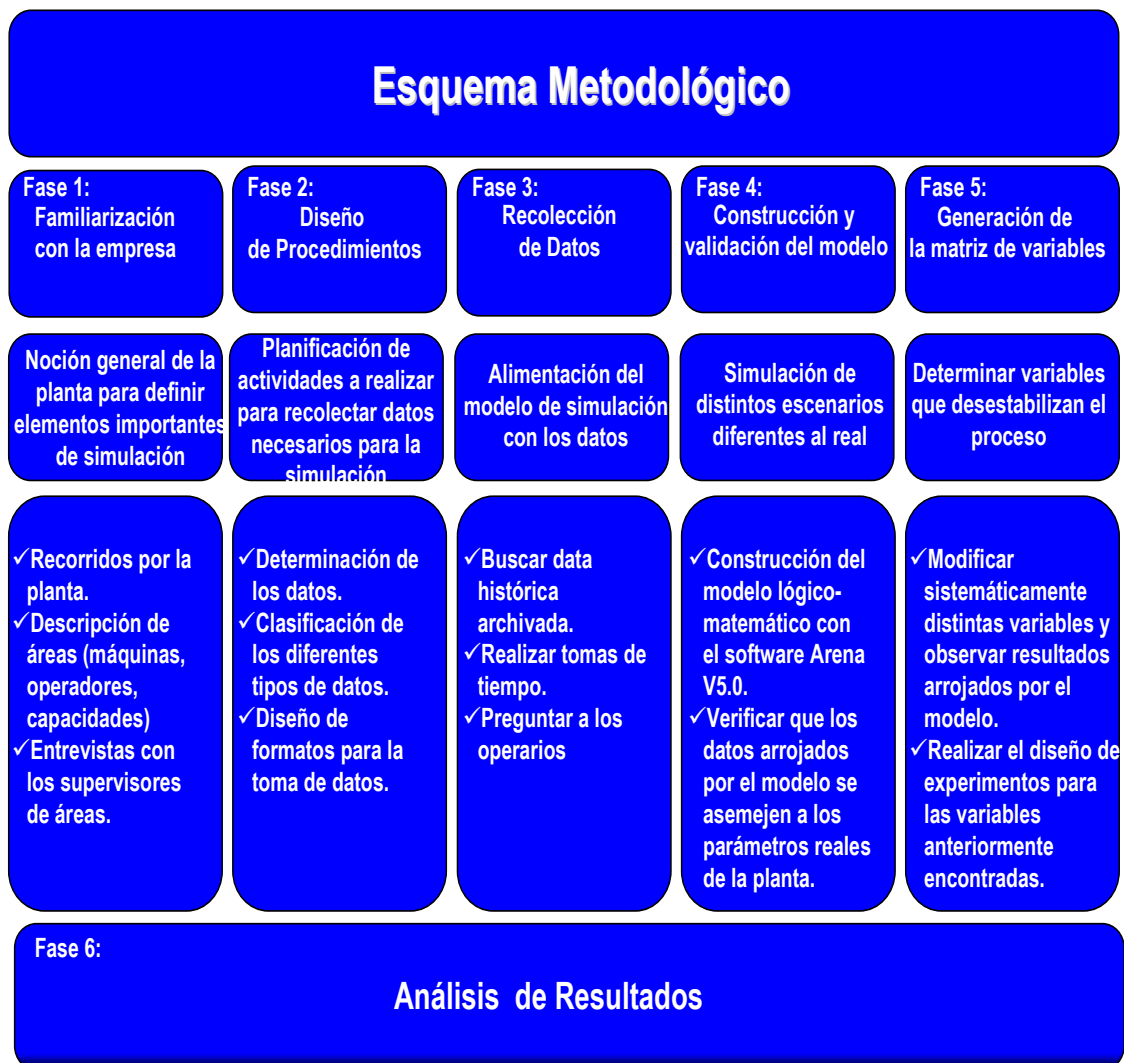


Figura No. 4.1 Esquema Metodológico

1. Familiarización con la empresa

Una fase de familiarización es indispensable cuando se va a desarrollar una investigación en el interior de una empresa. Para ello, la visita guiada, cuidadosamente planificada, es una actividad que facilita el conocimiento de los procesos y la definición de los elementos importantes para su simulación.

En la empresa objeto de este estudio, la fase de familiarización se inició con una visita a las instalaciones de producción en compañía de la Gerente de Operaciones, quien describió, de manera general, los diversos procesos que allí se realizan, presentó los supervisores y operarios responsables de las



operaciones a los tesistas y les entregó material informativo sobre los diferentes procesos y actividades de planta y en especial sobre el tratamiento de la materia prima al ingresar al proceso fabril.

En visitas sucesivas, en compañía del supervisor respectivo, se recorrió cada área detenidamente. Estas visitas ayudaron a conocer con mayor detalle los objetivos de cada proceso, sus pasos secuenciales y la terminología comúnmente utilizada en la planta, y resultaron particularmente útiles para identificar los aspectos básicos de los procesos de cada área a considerar posteriormente en la fase de Diseño de Procedimiento.

Finalizadas las visitas de la fase de familiarización, la información allí recopilada se resumió en este diagrama.

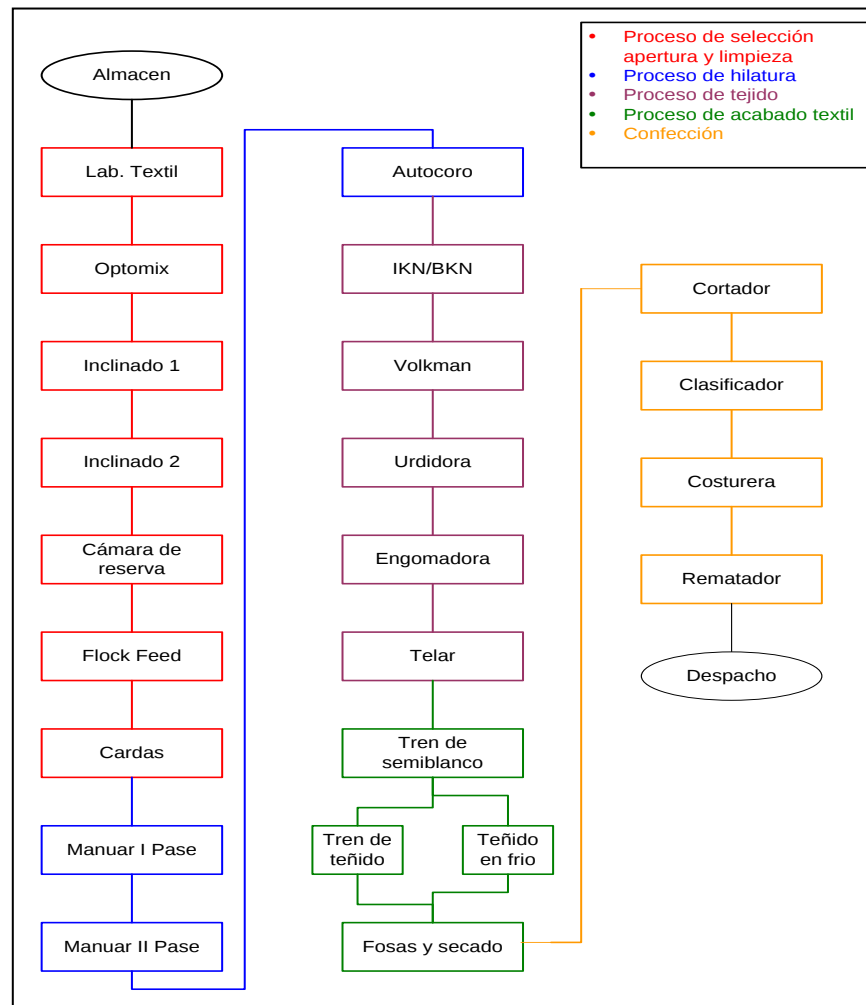


Figura No. 4.2 Diagrama de Procesos General

2. Diseño de Procedimiento.



A partir de los aspectos básicos de los procesos de producción de cada área identificados en la fase de familiarización, se inició el diseño del procedimiento a aplicar para la toma de datos.

El primer paso consistió en determinar los datos (recursos, fases de los procesos, características de los productos, entre otros) y las mediciones de tiempo y movimiento del proceso de producción necesarios para el diseño del modelo de simulación del proceso de fabricación de toallas. Luego se definió el mecanismo para obtener los datos y realizar las mediciones.

Se identificaron tres fuentes básicas de información:

- a. Documental, es decir aquella disponible en el sistema computarizado o en los archivos físicos de la empresa.
- b. Observación de procesos a través de técnicas de estudio de tiempo y movimiento. A tal efecto, se generaron formatos *ad hoc* (ver Anexos No 3).
- c. Consulta directa a los operarios involucrados en cada proceso en particular y otros empleados especializados de la empresa.

3. Recolección de datos.

Esta es una de las fases más importantes de la metodología de investigación, ya que en ella descansa la validez del modelo de simulación a generar.

Para la recolección de datos se cumplió con el cronograma de actividades que se presenta más adelante. Con una duración aproximada de dos meses, esta fase se llevó a cabo siguiendo el procedimiento diseñado:

- La información computarizada e impresa se estudió y organizó para facilitar el diseño y la construcción del modelo de simulación.
- Se realizó la toma de datos utilizando los formatos previamente diseñados.
- Se celebraron entrevistas estructuradas con los operarios responsables de la producción, que luego se corroboraron con los supervisores.



- La información recopilada se introdujo en el INPUT ANALYZER con el propósito de ajustarla a las distribuciones probabilísticas según el menor error cuadrático. La aplicación de la prueba Kolmogorov-Smirnoff permitió determinar la veracidad del ajuste (ver resultados del INPUT ANALYZER en Anexos No 4).

Fuentes de recolección	Semanas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Información computarizada								
Toma de tiempos								
Hilatura								
Preparación								
Engomado								
Planta acabado								
Confección								
Entrevistas								

Tabla No. 4.1 Cronograma para la recolección de datos

	Fuente de recolección		
	Información archivada	Medición de tiempos	Entrevistas
Selección, apertura y limpieza			
Materia prima			
Laboratorio textil			
Optomix, inclinados y cámara de reserva			
Cardas			
Hilatura			
Manuales			
Autocoro			



Esta tabla presenta un resumen de los datos recopilados por área y su forma de recolección.

Preparación			
Reenconadoras			
Retorcedoras			
Urdidora			
Engomado			
Acabado textil			
Tren de semi-blanco			
Tren de teñido			
Descrude			
Confección			

Tabla No. 4.2 Datos recopilados y fuente de recolección

4. Construcción y Validación del Modelo.

4.1. Construcción del modelo

El Modelo de Simulación del Proceso de Fabricación de Toallas se construyó con base en el diagrama general del proceso. Consta de un módulo de entrada, ocho sub-modelos y un módulo de salida.

El módulo de entrada representa la llegada de camiones con pacas importadas y nacionales.

Los sub-modelos se conectan entre sí, según el siguiente orden: entrada de la materia prima; selección, apertura y limpieza; hilatura; preparación; engomado; telares; acabado textil; confección.

El módulo final representa la salida de las entidades del modelo.

Para mejor comprensión del Modelo de Simulación del Proceso de Fabricación de Toallas, conviene tener a mano la descripción del proceso textil explicado en capítulos anteriores así como los cuadros



que ilustran las diversas partes del modelo, los cuales se incluyen en los Anexos No. 5

A continuación una breve explicación de cada uno de los sub-modelos:

4.1.1. **Entrada de materia prima.** Se desarrolla en el laboratorio textil y su propósito es definir la mezcla a enviar al OPTOMIX.

4.1.2. **Selección apertura y limpieza.** Una vez agrupadas las pacas de materia prima de acuerdo a la mezcla previamente definida, se inicia este sub-modelo que se lleva a cabo en tres equipos: el OPTOMIX (que succiona la materia prima), los INCLINADOS (que la limpian) y la CÁMARA DE RESERVA (donde se almacena). El propósito es que la materia prima pase por el cardado y descartar el desperdicio.

4.1.3. **Hilatura.** Este sub-modelo lo integran seis módulos tipo PROCESS y un módulo CREATE. Son módulos tipo PROCESS el proceso de MANUAR de primer y segundo pase y cada una de las líneas de AUTOCORO. Al salir del AUTOCORO, los conos de hilo se transportan en los carros a las distintas áreas de la planta. El hilo de título 12 va directamente al telar; los hilos título 20 y 16 van al área de preparación. El módulo CREATE representa inventario de pots pequeños.

4.1.4. **Preparación.** En este sub-modelo se separan los carros de acuerdo al título. Los hilos título 20 se procesan para convertirse en dos cabos, antes de pasar por la URDIDORA. Algunos de los hilos título 16 van directamente a la URDIDORA y otros se procesan para convertirlos en hilo de cenefa.

La URDIDORA procesa otros productos que no forman parte del modelo como la cobija y el colete. Sin embargo, debieron tomarse en cuenta ya que comparten el uso de este recurso.

4.1.5. **Engomado.** LOS ANTEPLEGADORES de fondo y felpa se distribuyen según su tipo, la máquina que utilizan y la cantidad de plegadores



resultantes. Luego pasan por el engomado cuyo uso, como en el caso de la URDIDORA, se comparte con el engomado de la cobija y el colete.

4.1.6. **Telares.** En este sub-modelo se divide la pareja del fondo y la felpa; se generan las bajadas para luego distribuirlas según el tipo de producto a fabricar. A continuación, pasan por las tejedoras, se pesan y trasladan al siguiente proceso.

4.1.7. **Acabado Textil.** Luego de la costura, en este sub-modelo los rollos de toallas absorben la cantidad de sustancias químicas que se requieren para su tratamiento y vaporizado; se someten a un baño de detergentes con agua y se trasladan a las fosas de espera antes del secado. Ya secas, se acumulan en carros dispuestos al final de la secadora para su traslado al área de teñido. Allí se enrollan, pasan por la tina de teñido, por el enfosado, se secan, se agrupan a la salida de la secadora y finalmente, en carros se transportan al área de confección.

4.1.8. **Confección.** Al entrar al área de confección, los carros se distribuyen según el tipo de toalla que transportan. Los rollos de toallas se cortan, se doblan, se cosen y se les aplica el remate. Luego se agrupan antes de pasar por el contador que registra el tiempo en el sistema desde el telar.

4.2. Validación

Construido el Modelo de Simulación del Proceso de Fabricación de Toallas, se le adaptaron medidores de tiempo y contadores para registrar los valores arrojados por la simulación los cuales posteriormente se compararon con los reales.

El modelo se corrió durante 3024 horas equivalentes a seis meses. Esto debido a que es el mínimo tiempo para que el proceso se desarrolle. Se hicieron 10 replicaciones para analizar la variabilidad de los valores. Los valores reales (correspondientes a records de producción) se calcularon



a partir de la data recolectada y se sometieron a la revisión de la Gerente de Operaciones, supervisores y operarios de la planta para comprobar su veracidad (ver Anexos No. 6)

El resultado de las replicaciones se comparó con los datos reales y se les aplicó un porcentaje de error entre ellos. Se introdujeron medidores de tiempo en el OUTPUT ANALYZER para obtener un intervalo de confianza del 99% con el propósito de analizar si los valores reales se encuentran dentro de este intervalo. Este procedimiento se repitió hasta que el modelo alcanzó un porcentaje de error menor al 20% y que el 70% a 80% de los datos estuvieron dentro del intervalo de confianza. Los resultados se muestran en las tablas continuación posteriormente expuestas.

En los contadores los datos presentaron un error menor al 20%. (Ver *Tabla 4.3*)

En los medidores de tiempo entre: (Ver *Tabla 4.4*)

- El porcentaje de error fue menor al 15%.
- El 75% de los datos se encuentra dentro del intervalo de confianza.
- Los datos fuera de este intervalo presentan un bajo porcentaje de error (menor al 15%) con respecto a su valor real.

El tiempo de respuesta resultante en la simulación no se pudo comparar con data histórica real debido a que la fabrica Telares de Palo Grande no cuenta con este indicador. Las entrevistas con el personal de la planta corroboraron que el valor simulado es semejante a un valor real aproximado.



Contadores	Valor Real	Promedio de las replicaciones	Porcentaje de error
Anteplegadores felpa a engomado	288	250.40	13.06%
Anteplegadores fondo a engomado	192	184.40	3.96%
Bajadas Jumbo	480	407.10	15.19%
Bajadas Otros	1352	1176.70	12.97%
Cantidad 16 rollos otros a semiblanco	338	293.60	13.14%
Cantidad 18 rollos JS a semiblanco	80	67.40	15.75%
Cantidad Bajadas listas JS	476	430.60	9.54%
Cantidad Bajadas listas Otros	913	1058.40	15.93%
Cantidad de camiones importados	3.8	4.30	13.16%
Cantidad de camiones nacionales	13.8	15.40	11.59%
Cantidad de pote grande al manual	8894	8765.90	1.44%
Carros JS a confección	476	432.00	9.24%
Carros otros a confección	1217	1418.80	16.58%
Carros H12 al telar	204	180.10	11.72%
Carros H16 a preparar	505	495.10	1.96%
Carros H20 a preparar	207	190.30	8.07%
Jaulas de hilo cenefa procesadas	126	122.30	2.94%
Montadas en el optomix	50	46.80	6.40%
Pareja WP	180	159.60	11.33%
Parejas Sucker	144	134.90	6.32%

Tabla No. 4.3 Comparación entre las cantidades arrojadas por el modelo de simulación y los valores reales.



Medidores de tiempos entre	Valor Real	Promedio de las replicaciones	Ancho de banda	Intervalo de confianza 99%		Porcentaje de error
16 rollos Otros a semiblanco	8.95	9.62	0.32	9.94	9.31	7.49%
18 rollos JS a semiblanco	37.80	42.00	1.85	43.85	40.15	11.11%
Anteplegadores felpa	10.50	11.70	1.00	12.70	10.70	11.43%
Anteplegadores fondo	15.75	15.70	1.68	17.38	14.02	0.32%
Bajadas Jumbo	6.30	6.95	0.36	7.31	6.59	10.32%
Bajadas Otros	2.24	2.42	0.07	2.49	2.35	8.18%
Carros H12 procesados	14.80	16.10	1.57	17.67	14.53	8.78%
Carros H16 a preparar	5.99	6.03	0.26	6.29	5.77	0.67%
Carros H20 a preparar	14.60	15.50	1.24	16.74	14.26	6.16%
Carros JS a confección	6.35	6.93	0.67	7.60	6.26	9.13%
Carros otros a confección	2.48	2.03	0.11	2.14	1.92	18.15%
Jaulas cenefa	24.00	23.80	1.82	25.62	21.98	0.83%
Llegadas de camiones importados	795.00	748.00	203.00	951.00	545.00	5.91%
Llegadas de camiones nacionales	219.00	198.00	27.30	225.30	170.70	9.59%
Montadas al optomix	60.48	64.70	9.56	74.26	55.14	6.98%
Pareja Sucker	21.00	21.30	1.90	23.20	19.40	1.43%
Pareja WP	16.80	18.20	1.76	19.96	16.44	8.33%
Pote grande al manuar	0.34	0.32	0.05	0.37	0.27	5.29%
Salida de Bajadas listas JS	6.35	6.96	0.61	7.57	6.35	9.61%
Salida de Bajadas listas Otros	3.31	2.72	0.15	2.87	2.57	17.82%

Tabla No. 4.4 Comparación entre los tiempos arrojados por el modelo de simulación y los valores reales

Analizados estos resultados, quedó comprobada la validez del modelo.

5. Generación de la matriz de variables

El propósito de esta fase es plantear las posibles variables desestabilizadoras del sistema, determinar los dos niveles de modificación



(aumento y disminución) y determinar donde se harán las modificaciones, esto se muestra en la siguiente tabla:

Variables	Nivel Alto y Bajo = Aumento y Disminución	Áreas modificadas
Capacidad instalada	del potencial productivo de la empresa a través de la maquinaria.	Hilatura Preparación Engomado Planta Acabado
Horarios	de los turnos laborales de la empresa a través del personal obrero y de la maquinaria.	Todas
Curva de aprendizaje (ver curvas en Anexos No 5)	de la capacidad de aprendizaje de las tareas realizadas a través del personal obrero.	Preparación Engomado Confección
Políticas de inventarios	del tiempo de espera de materiales dentro de los procesos.	Planta Acabado

Tabla No. 4.5 Variables propuestas para el análisis y áreas para su modificación.

Con cada nivel de la variable se experimento en tres tipos de escenarios:

- Demanda Normal: situación actual.
- Demanda Baja: aumento en un 50% de los tiempos entre las llegadas de los camiones.
- Demanda Alta: disminución de un 50% en los tiempos entre las llegadas de camiones.

Esto generó una batería 24 experimentos (6 por cada variable) cada uno de los cuales se simuló por el período de 3024 horas, con cuatro replicaciones que generaron datos suficientes para el posterior análisis.

A continuación la codificación asignada a cada experimento:

	Demanda Alta	Demanda Normal	Demanda Baja
--	--------------	----------------	--------------



	Nivel Alto	Nivel Bajo	Nivel Alto	Nivel Bajo	Nivel Alto	Nivel Bajo
Capacidad Instalada	DACIA	DACIB	DNCIA	DNCIB	DBCIA	DBCIB
Horarios	DAHA	DAHB	DNHA	DNHB	DBHA	DBHB
Políticas de Inventarios	DAPIA	DAPIB	DNPIA	DNPIB	DBPIA	DBPIB
Curva de Aprendizaje	DACA	DACB	DNCA	DNCB	DBCA	DBCB

Tabla No. 4.6 Codificación asignada a cada experimento realizado.

Análisis de resultados



A continuación se incluyen los resultados obtenidos de la aplicación del Modelo de Simulación del Proceso de Fabricación de Toallas.

Como se recordará, el modelo analizó cuatro variables las cuales son: capacidad instalada; horarios; política de inventario y curva de aprendizaje. Los resultados se presentan divididos en tres importantes bloques:

- **Demanda alta:** resultados obtenidos al experimentar con niveles altos y bajos de cada una de las cuatro variables analizadas, atendiendo a una demanda alta del producto (páginas 49 a 52).
- **Demanda normal:** resultados obtenidos al experimentar con niveles altos y bajos de cada una de las cuatro variables obtenidas, atendiendo a una demanda normal del producto (páginas 53 a 56).



- **Demanda baja:** resultados obtenidos al experimentar con niveles altos y bajos de cada una de las cuatro variables obtenidas, atendiendo a una demanda baja del producto (páginas 57 a 60).

Por cada bloque se presenta:

1. Gráfica representativa del tiempo de respuesta del sistema en cada escenario de demanda, tal como se encuentra en el proceso original validado, es decir, sin modificar las variables.
2. Gráfica representativa del tiempo de respuesta del sistema en el escenario de demanda respectivo, modificando la variable estudiada (capacidad instalada, horarios, política de inventario o curva de aprendizaje), a nivel alto, y su respectivo comentario explicativo.
3. Gráfica representativa del tiempo de respuesta del sistema en el escenario de demanda respectivo, modificando la variable estudiada (capacidad instalada, horarios, política de inventario o curva de aprendizaje), a nivel bajo, y su respectivo comentario explicativo.
4. Los valores promedios, las desviaciones estándar y los valores Omega de cada una de las gráficas. *Omega* (Ω) representa la relación porcentual existente entre los valores de la desviación estándar. Esta relación define el nivel de descalabro generado por la modificación de la variable. La ecuación para su obtención es:

$$\Omega = \left| \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\sigma_1} \right| * 100\%$$

donde,

- σ_1 es la desviación estándar de la curva sin modificar la variable
- σ_2 es la desviación estándar de la curva al modificar la variable
- Al valor de omega se le considerará su signo en el análisis por variable

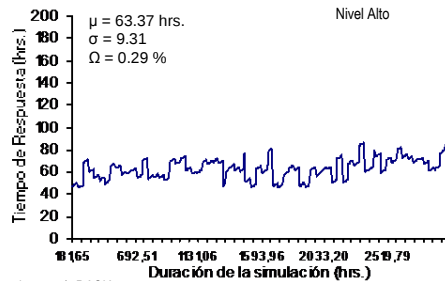
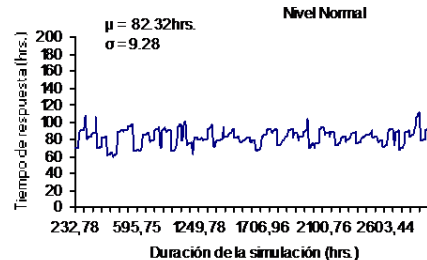


5. Tabla de reporte de los valores de varianza de cada uno de los cuatro experimentos realizados por cada variable en cuestión, en nivel alto y en nivel bajo, para la posterior.
6. Para el estudio de sensibilidad de la variable en cuestión mediante el análisis de *Prueba de Hipótesis* se reporta la Tabla ANOVA y su correspondiente aceptación o rechazo a la hipótesis nula con una significancia del 99%. La hipótesis nula proviene del análisis estadístico en el cual se tiene:

$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = \text{el factor NO afecta en los experimentos} \Rightarrow \text{La variable no es influyente en el descalabro o amortiguación del proceso.} \\ H_1 = \text{el factor SI afecta en los experimentos} \Rightarrow \text{La variable es influyente en el descalabro o amortiguación del proceso.} \end{array} \right.$$

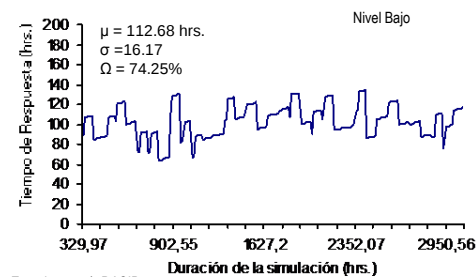


Análisis de la capacidad instalada en el escenario demanda alta



Experimento 1: DACIA

Comportamiento estable con aparición de pequeños bullwhips recurrentes que se estabilizan con rapidez.
Desplazamiento de la curva hacia abajo demuestra disminución en los tiempos de repuesta.
Muy bajo valor de Omega que indica gran semejanza con la curva validada.
Moderada tendencia al alza en la medida en que se acerca al final de la simulación.



Experimento 4: DACIB

Comportamiento muy inestable durante toda la corrida con aparición de fuertes y recurrentes bullwhips que no se estabilizan.
Desplazamiento de la curva hacia arriba demuestra importante aumento en los tiempos de respuesta.
Por ser tan inestable presenta alto valor de Omega que indica poca semejanza con la curva validada.
No presenta tendencia aparente al aumento o a la disminución de los tiempos de respuesta a lo largo del período de simulación.

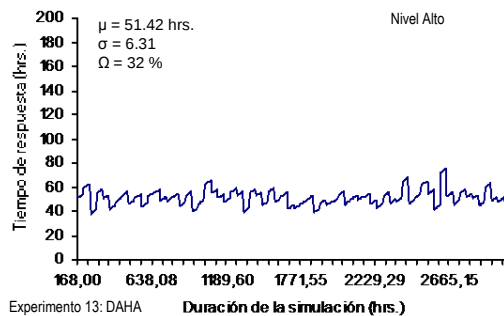
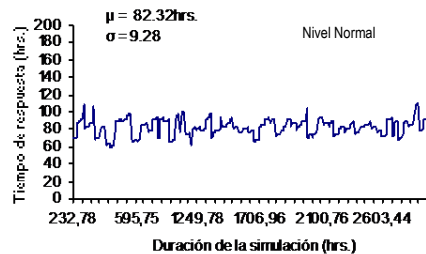
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
86.68	262.44
102.01	295.84
80.46	198.81
102.01	272.25
92.79	257.34

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	54150.61	1	54150.61	58.90	0.026%
Residual	5515.73	6	919.29		
Total	59666.34	7			

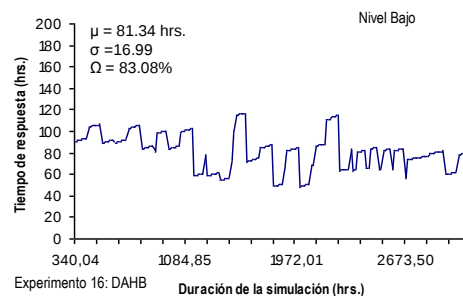
Rechazo H_0 , el factor Capacidad Instalada SI afecta



Análisis de los horarios en el escenario demanda alta



Comportamiento muy estable, bastante más que la curva validada. Los bullwhips presentados son poco significativos. Importante desplazamiento de la curva hacia abajo demuestra disminución de los tiempos de respuesta a niveles mínimos. Por ser mucho más estable su Omega es alto indicando poca semejanza con la curva validada. No presenta tendencias. Sin embargo al final de la simulación se observan los picos más altos.



Comportamiento de enorme inestabilidad. Presenta bullwhips recurrentes que no se amortiguan en el tiempo. La media de los tiempos de respuesta no sufre modificaciones notables. El alto valor de Omega muestra gran diferencia con la curva validada. Pareciera tener una ligera tendencia a la baja y a la estabilidad al final pero no se puede asegurar nada dada la gran variabilidad del gráfico.

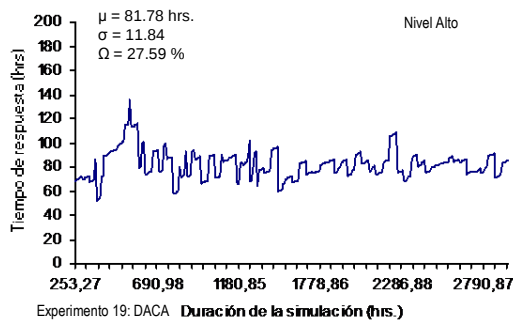
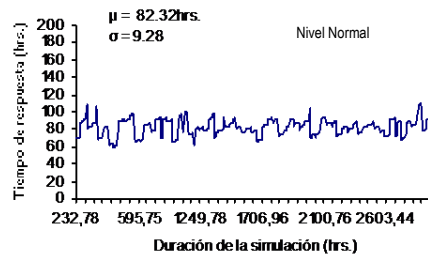
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
39.82	289.00
89.30	216.09
53.00	156.25
64.64	361.00
61.69	255.86

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	75190.81	1	75190.81	18.06	0.538%
Residual	24981.36	6	4163.56		
Total	100172.17	7			

Rechazo H_0 , el factor Horarios SI afecta

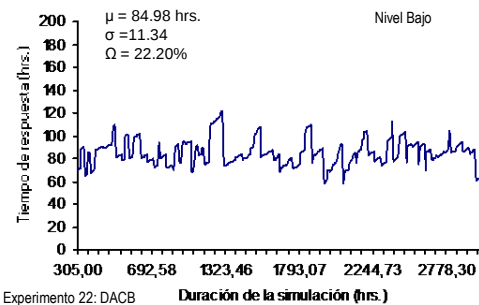


Análisis de la curva de aprendizaje en el escenario demanda alta



Comportamiento muy variable al principio. Presenta gran cantidad de bullwhips que se estabilizan lentamente. El valor de la media del tiempo de respuesta no sufre desplazamientos ni modificaciones significativas. La variabilidad de los valores arrojados es alta y hace que esta curva sea notablemente diferente a la gráfica del modelo validado. Muestra una evidente tendencia a la baja de los tiempos de respuesta y a la amortiguación de los bullwhips.

Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
139.24	144
166.41	129.96
125.44	163.84
210.25	141.61
160.34	144.85



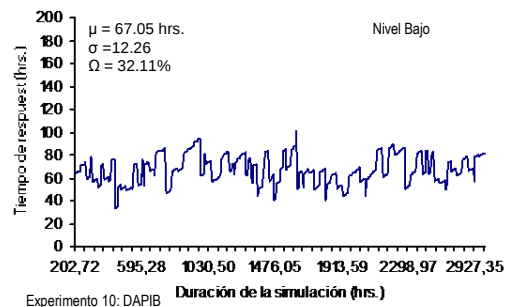
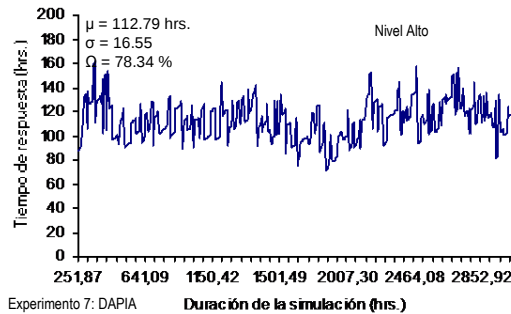
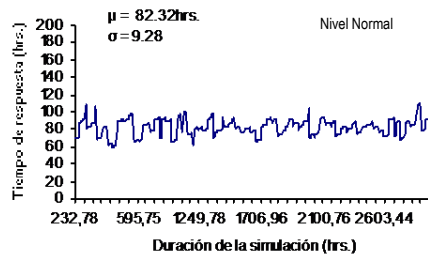
Comportamiento inestable. Presenta bullwhips recurrentes que no se amortiguan en el tiempo. La media de los tiempos de respuesta no sufre modificaciones notables. El valor del porcentaje de desviación es significativo lo cual se refleja en la poca similitud con la curva validada. Tendencia poco definida que aparenta mantener el mismo comportamiento hasta ahora mostrado.

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	479.42	1	479.42	0.60	46.757%
Residual	4784.63	6	797.44		
Total	5264.05	7			

Acepto Ho, el factor Curva de aprendizaje NO afecta



Análisis de las políticas de inventario en el escenario demanda alta



Comportamiento muy variable durante toda la corrida, aparición de bullwhips que se estabilizan.

Notable aumento de la media que se evidencia en el desplazamiento de la curva hacia arriba. Por ser tan variable presenta alto valor de Omega lo cual indica poca semejanza con la curva validada.

No presenta tendencia a disminuir la variabilidad en vista de que toda la gráfica oscila a lo largo de la simulación.

Comportamiento inestable durante toda la corrida con aparición de bullwhips poco amortiguados.

Disminución en los tiempos de respuesta que se evidencia con el desplazamiento hacia abajo de la curva.

El valor de Omega indica gran variabilidad en el proceso y poca semejanza con la curva validada.

Se proyecta un comportamiento muy similar al presentado.

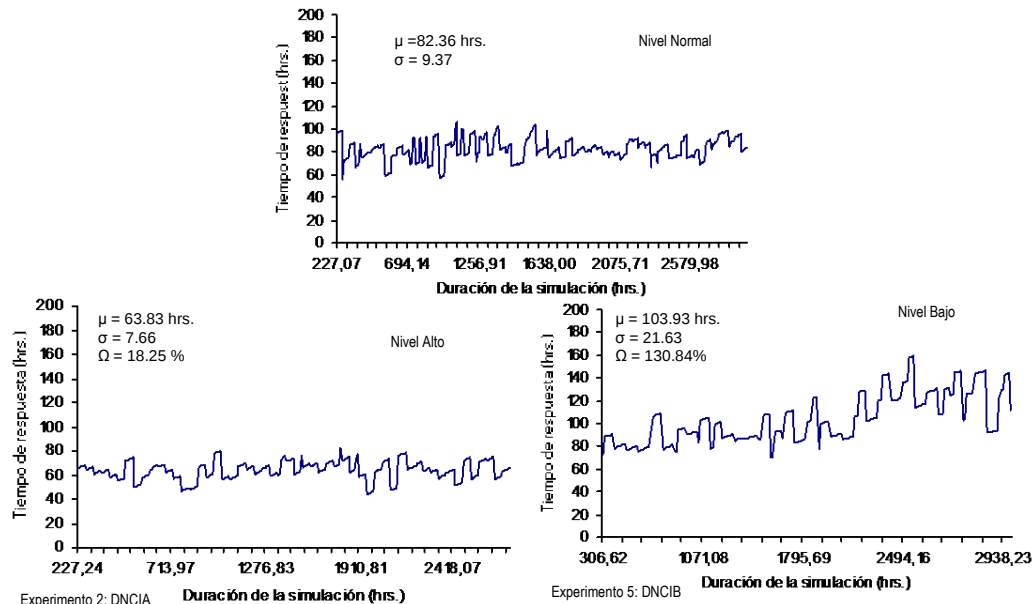
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
275.56	151.29
259.21	110.25
268.96	148.84
292.41	158.76
274.04	142.29

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	34716.13	1	34716.13	103.77	0.005%
Residual	2007.23	6	334.54		
Total	396723.35	7			

Rechazo H_0 , el factor Política de inventarios SI afecta



Análisis de la capacidad instalada en el escenario demanda normal



Comportamiento más estable que la curva validada y aparición menos frecuente de bullwhips. Los Bullwhip presentados son muy leves y se amortiguan con rapidez. Desplazamiento de la curva hacia abajo demuestra disminución en los tiempos de repuesta. Por ser más estable presenta un valor de Omega que indica ligera diferencia con la curva validada. No presenta tendencia aparente a la subida o bajada de los tiempos de respuesta a lo largo de todo el período de simulación.

Comportamiento con moderada estabilidad inicial que se transforma en inestable con aparición de fuertes y recurrentes bullwhips que no llegan a estabilizarse. Desplazamiento de la curva hacia arriba demuestra un importante aumento en los tiempos de respuesta. Entre los mayores valores de Omega encontrados, lo que indica extrema diferencia con la curva validada. Evidente tendencia al aumento al final del período de simulación.

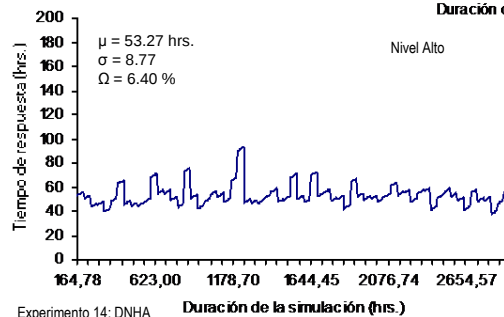
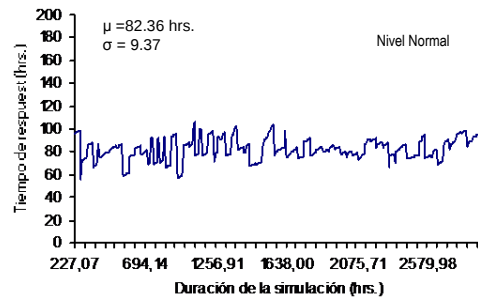
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
58.68	466.56
95.68	190.44
83.36	265.69
121.00	345.96
89.67	317.16

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	103505.47	1	103505.47	14.16	0.937%
Residual	43874.74	6	7312.46		
Total	147380.21	7			

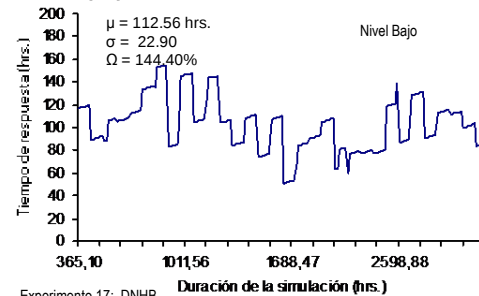
Rechazo H_0 , el factor Capacidad Instalada SI afecta



Análisis de los horarios en el escenario demanda normal



Experimento 14: DNHA



Experimento 17: DNHB

Comportamiento inestable con algunos bullwhips fuertes en la mitad que se estabilizan a medida que corre la simulación. Disminución de los tiempos de respuesta a niveles muy bajos que se evidencian en el desplazamiento de la curva hacia abajo. El valor de Omega no es muy alto, lo que indica gran similitud con la validada también evidenciada en la inestabilidad al inicio de la simulación. Presenta tendencia a la disminución de la aparición de bullwhips a medida que se desarrolla.

Comportamiento de muy pronunciada variabilidad, presencia de bullwhips recurrentes y no amortiguados. La media de los tiempos de respuesta sufre modificaciones notables y hace que alcancen valores máximos. El alto valor de Omega demuestra la gran diferencia con la curva validada. No presenta tendencia aparente de alta o baja en los tiempos de respuesta.

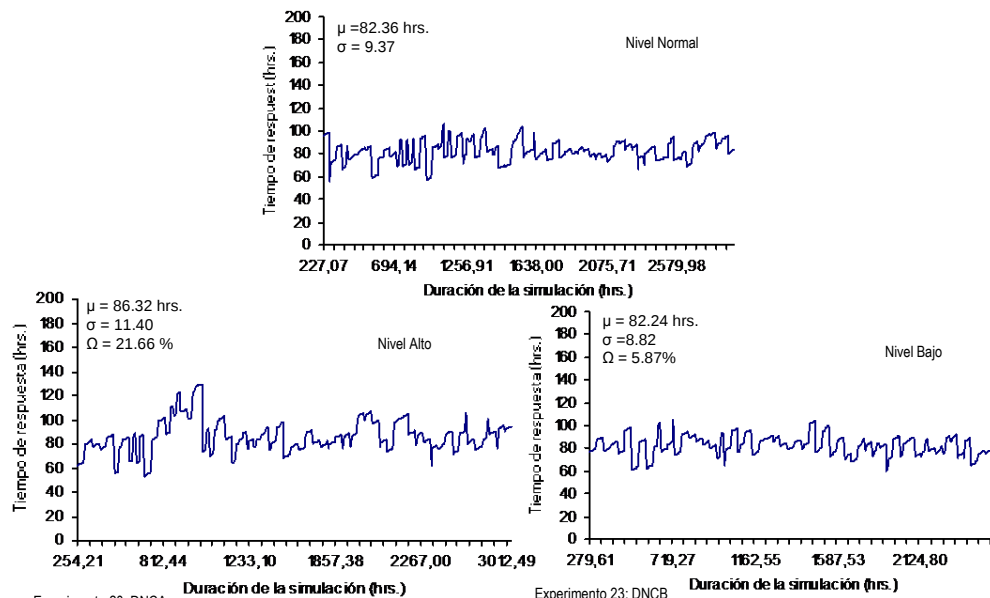
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
76.91	524.41
57.76	580.81
54.91	650.25
104.04	590.49
73.40	586.49

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	526511.92	1	526511.92	332.35	0.000%
Residual	9505.24	6	1584.21		
Total	536017.16	7			

Rechazo H_0 , el factor Horarios SI afecta



Análisis de la curva de aprendizaje en el escenario demanda normal



Experimento 20: DNCA

Experimento 23: DNCB

Comportamiento muy variable que presenta gran cantidad de bullwhips de lenta estabilización.
El valor de la media del tiempo de respuesta no sufre desplazamientos ni modificaciones significativas.
La variabilidad de los valores arrojados es alta y hace que esta curva sea ligeramente diferente a la gráfica del modelo validado.
Tendencia a estabilizar los bullwhips y a disminuir la variabilidad.

Comportamiento relativamente estable con presencia de bullwhips que se amortiguan.
La media de los tiempos de respuesta varía de manera insignificante.
El valor de Omega relativamente bajo evidencia la similitud con la curva validada.
Presenta una ligera tendencia a estabilizarse aún más en la medida en que se siga corriendo el modelo.

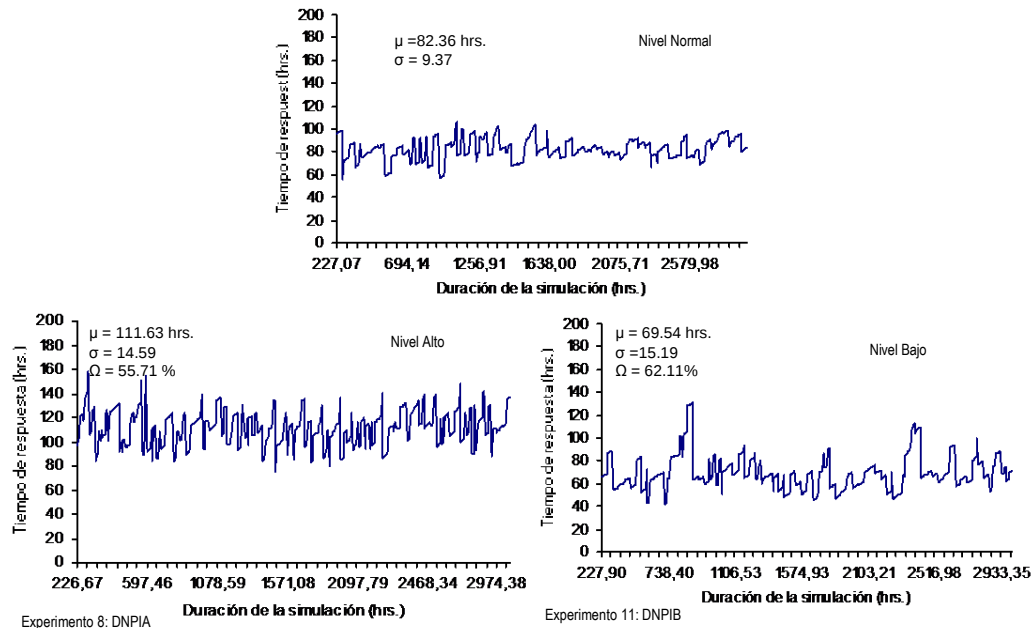
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
179.56	77.79
112.36	161.29
81.90	102.01
129.96	78.85
125.95	104.99

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	878.55	1	878.55	0.55	48.702%
Residual	9616.33	6	1602.72		
Total	10494.88	7			

Acepto H_0 , el factor Curva de aprendizaje NO afecta



Análisis de la política de inventarios en el escenario demanda normal



Comportamiento de alta variabilidad. Aparición de bullwhips que se amortiguan con rapidez. Desplazamiento de la curva hacia arriba demuestra un importante aumento en los tiempos de respuesta. Alto porcentaje de desviación indica extrema diferencias entre esta curva y la validada. Aparenta mantener un comportamiento muy similar al llevado hasta ahora.

Comportamiento inestable al inicio con aparición de bullwhips recurrentes que se amortiguan con rapidez. Disminución en los tiempos de respuesta que se evidencia en el descenso de la media. Gran variabilidad en el proceso que se demuestra con el alto porcentaje de desviación. Es poco confiable el comportamiento como para determinar algún tipo de tendencia.

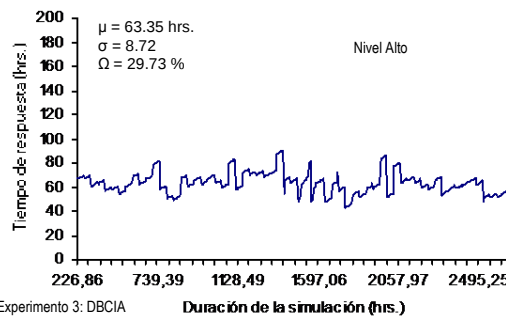
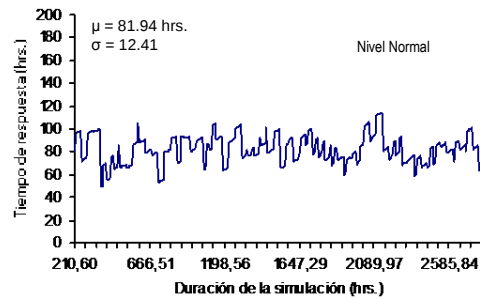
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
213.16	231.04
327.61	139.24
228.01	114.49
196.000	156.25
241.20	160.23

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	13102.57	1	13102.57	4.36	8.183%
Residual	18032.57	6	3005.43		
Total	31135.14	7			

Acepto Ho, el factor Política de inventarios NO afecta



Análisis de la capacidad instalada en el escenario demanda baja

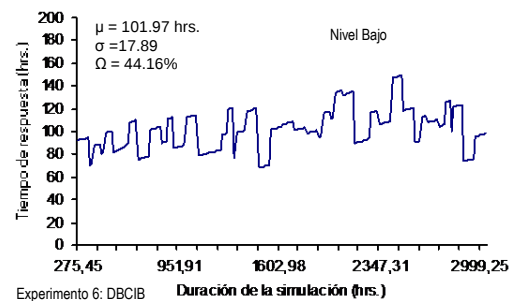


Comportamiento estable con aparición de pequeños bullwhips recurrentes que se estabilizan en algunos casos con mayor rapidez que otros.

Desplazamiento de la curva hacia abajo demuestra disminución en los tiempos de repuesta.

Valor de Omega indica poca semejanza con la curva validada.

Moderada tendencia a la baja en la medida en que se acerca al final de la simulación



Comportamiento inestable durante toda la corrida con aparición de fuertes y recurrentes bullwhips que no muestran tendencias a la estabilidad.

Desplazamiento de la curva hacia arriba demuestra aumento en los tiempos de respuesta.

Alto valor de Omega que indica gran diferencia con la curva validada.

Aumento de los tiempos de respuesta y de la aparición de bullwhips a medida que transcurre el tiempo de simulación.

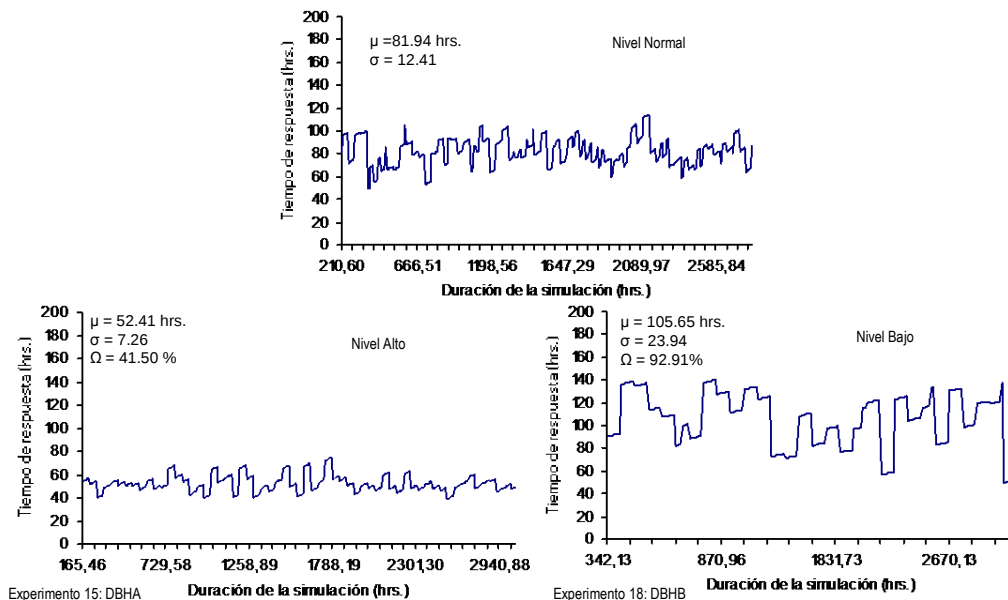
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
76.04	320.41
85.93	219.04
123.21	256.00
91.59	268.96
94.19	266.10

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	59106.75	1	59106.75	54.39	0.032%
Residual	6521.02	6	1086.84		
Total	65627.77	7			

Rechazo H_0 , el factor Capacidad Instalada SI afecta



Análisis de los horarios en el escenario demanda baja



Comportamiento con cierta estabilidad tanto al inicio como al final de la simulación, en el período del medio presenta bullwhips recurrentes que se amortiguan. Desplazamiento de la curva hacia abajo demuestra una disminución en los tiempos de respuesta a niveles muy bajos. Omega es elevado indicando diferencias notables entre esta curva y la validada. Luego de la estabilización de los últimos Bullwhips presenta una ligera tendencia a la baja de los tiempos de respuesta.

El comportamiento variable es aún mayor. Presenta bullwhips hacia abajo que evidencian disminuciones violentas. La media de los tiempos de respuesta sufre modificaciones algo notables y hace que se alcancen valores tanto altos como normales. Presenta un muy alto valor de Omega lo cual explica la gran diferencia con la curva validada. Se espera que la curva continuará con estos bullwhips recurrentes y descendientes sin mostrar tendencias en cuanto al alza o disminución del promedio en sí.

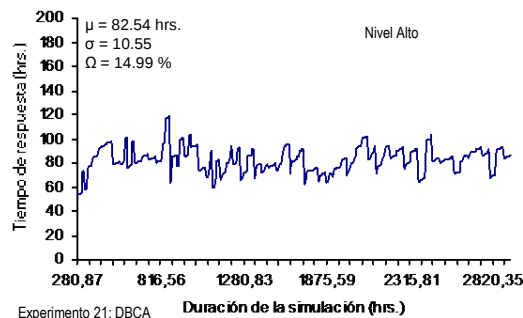
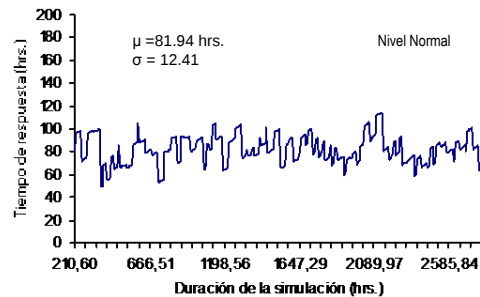
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
52.71	571.2
57.00	441.00
55.50	342.25
56.70	538.24
55.48	473.18

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	348940.94	1	348940.94	65.36	0.019%
Residual	32032.40	6	5338.73		
Total	380973.34	7			

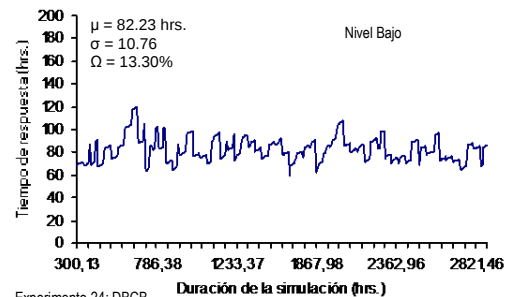
Rechazo H_0 , el factor Horarios SI afecta



Análisis de la curva de aprendizaje en el escenario demanda baja



Experimento 21: DBCA



Experimento 24: DBCB

Comportamiento variable que presenta gran cantidad de bullwhips que no se estabilizan. El valor de la media del tiempo de respuesta se mantiene prácticamente igual. Bajo valor de Omega indica gran similitud con la curva validada. Tendencia poco definida que aparenta estabilizar en pequeña medida el comportamiento hasta ahora mostrado.

Comportamiento variable que se amortigua y luego se repite y finalmente se estabiliza medianamente. La media de los tiempos de respuesta varía de manera insignificante. Bajo valor de Omega que demuestra un cierto nivel de similitud con la curva validada. Se espera que luego de esta segunda estabilización la curva de mantenga con este comportamiento ligeramente amortiguado.

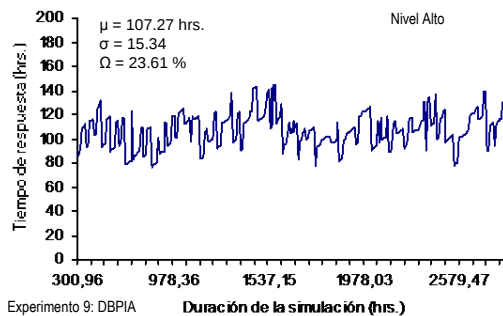
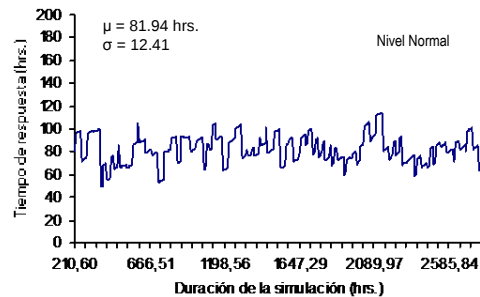
Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
112.36	116.64
106.09	110.25
125.44	132.25
193.21	116.64
134.28	118.95

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	470.02	1	470.02	0.55	48.476%
Residual	5089.31	6	848.22		
Total	5559.32	7			

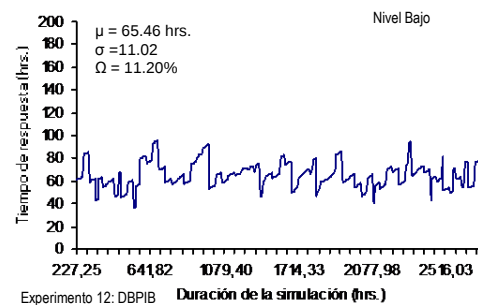
Acepto Ho, el factor Curva de aprendizaje NO afecta



Análisis de las políticas de inventarios en el escenario demanda baja



Experimento 9: DBPIA



Experimento 12: DBPIB

Comportamiento inestable con aparición de bullwhips que no muestran tendencias a la estabilidad.
Aumento de los tiempos de respuesta que se demuestra con el desplazamiento de la curva hacia arriba.
Diferencia entre el comportamiento de esta curva y el de la validada que se evidencia en el alto valor de Omega.
Ligera tendencia al aumento en los tiempos de respuesta y a la reaparición de bullwhips a medida que transcurre el tiempo de simulación.

Varianza nivel alto	Varianza nivel bajo
234.09	121.00
316.84	171.61
265.69	104.04
285.61	139.24
275.558	133.972

Comportamiento muy variable con aparición de bullwhips no se estabilizan.
Desplazamiento de la curva hacia abajo demuestra disminución en los tiempos de respuesta.
Porcentaje de desviación moderado lo indica que no hay diferencia significativa entre el comportamiento de esta curva y la validada.
No hay tendencia en cuanto a la disminución o aumento de la variabilidad del proceso.

Tabla ANOVA					
Fuentes	Sum. Cuadrados	D.F.	Cuad. Med.	F	Valor p
Debida al factor	40092.624	1	40092.624	39.237	0.077%
Residual	6130.787	6	1021.798		
Total	46223.411	7			

Rechazo H_0 , el factor Política de inventarios SI afecta



Variable:	Capacidad Instalada			
Impacto general:	Alta variabilidad y desestabilización del proceso.			
Impacto de la variable en el descalabro del proceso:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
	NB:	Descalabra el proceso significativamente, sin amortiguarlo. Valor Ω = 130,84%	Descalabra el proceso sin amortiguarlo. Valor Ω = 74,25%	Descalabra el proceso sin amortiguarlo. Valor Ω = 44,16%
	NA:	Amortigua el proceso Valor Ω = -18,25%	No descalabra ni amortigua el proceso. Valor Ω = 0,29%	Amortigua significativamente el proceso. Valor Ω = -29,73%
Impacto de la variable en el tiempo promedio de respuesta:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
	NB:	Aumenta el tiempo promedio de respuesta. El tiempo aumenta a medida que avanza el período de simulación, dado que no hay congestionamiento de material al inicio de la simulación.	Aumenta el tiempo promedio de respuesta. El congestionamiento de material ocurre a todo lo largo de la simulación.	Aumenta el tiempo promedio de respuesta. El tiempo aumenta a medida que avanza el período de simulación, dado que no hay congestionamiento de material al inicio de la simulación.
	NA:	Disminuye significativamente el tiempo promedio de respuesta.	Disminuye significativamente el tiempo promedio de respuesta.	Disminuye significativamente el tiempo promedio de respuesta.
Impacto según el escenario ⁴ :		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
		8°	4°	5°
Comentarios generales:	- En experimentos con la variable en nivel bajo, además del descalabro del proceso, se disminuye considerablemente la cantidad de entidades que salen del sistema. Ello es sinónimo de un descalabro aún mayor que no se evidencia en la gráfica. - La modificación de esta variable en nivel bajo incrementa significativamente los cuellos de botella. - La modificación de esta variable en nivel alto favorece el cumplimiento de los planes de producción y por ende, la satisfacción de la demanda.			
Variable:	Horarios			
Impacto general:	Alta variabilidad y desestabilización del proceso.			
Impacto de la		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja

⁴ Posición de los experimentos de acuerdo al descalabro que generan en el proceso, según el Valor p de tabla ANOVA. Entre menor sea el valor de p más influyente es el factor dado que éste representa la probabilidad de aceptación de la hipótesis nula (H_0)



variable en el descalabro del proceso:	NB:	Descalabra el proceso significativamente, sin amortiguarlo. VALOR Ω = 144,40%	Descalabra el proceso con posible amortiguación a futuro. VALOR Ω = 83,08%	Descalabra el proceso sin amortiguarlo. VALOR Ω = 92,91%
	NA:	Amortigua levemente el proceso. VALOR Ω = -6,40%	Amortigua significativamente el proceso. VALOR Ω = -32%	Amortigua significativamente el proceso. VALOR Ω = -41,50%
Impacto de la variable en el tiempo promedio de respuesta:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
	NB:	Aumenta significativamente el tiempo promedio de respuesta. El tiempo promedio de respuesta aumenta desordenadamente hasta el tercer mes; luego su comportamiento se asemeja al de la curva modelo.	El tiempo promedio de respuesta no sufre modificaciones importantes, pero la demanda no se satisface (menos del 55% requerido).	Aumenta significativamente el tiempo promedio de respuesta. El tiempo promedio de respuesta aumenta desordenadamente durante todo el período de la simulación.
	NA:	Disminuye significativamente el tiempo promedio de respuesta.	Disminuye significativamente el tiempo promedio de respuesta.	Disminuye significativamente el tiempo promedio de respuesta.
Impacto según el escenario ⁵ :		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
		1°	7°	3°
Comentarios generales:	- En experimentos con la variable en nivel bajo, además del descalabro del proceso, ocurrió la mayor disminución de la cantidad de entidades que salieron del sistema. Ello es sinónimo de un descalabro aún mayor que no se evidencia en la gráfica. - La modificación de esta variable en nivel bajo incrementa significativamente los cuellos de botella. - La modificación de esta variable en nivel alto favorece el cumplimiento de los planes de producción y por ende, la satisfacción de la demanda. - Los resultados obtenidos al experimentar con esta variable en nivel bajo fueron significativamente positivos.			
Variable:	Curva de Aprendizaje			
Impacto general:	Baja variabilidad y desestabilización poco relevante del proceso.			
Impacto de la		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja

⁵ Posición de los experimentos de acuerdo al descalabro que generan en el proceso, según el Valor p de tabla ANOVA. Entre menor sea el valor de p más influyente es el factor dado que éste representa la probabilidad de aceptación de la hipótesis nula (H_0)



variable en el descalabro del proceso:	NB:	No descalabra el proceso. Amortiguación leve. VALOR Ω = -5,87%	Descalabra el proceso con amortiguación a futuro. VALOR Ω = 22,20%	No descalabra el proceso. Amortiguación moderada. VALOR Ω = -13,30%
	NA:	Descalabra levemente el proceso. VALOR Ω = 21,66%	Descalabra el proceso y lo amortigua a partir del segundo mes. VALOR Ω = 27,59%	No descalabra el proceso. Amortiguación moderada. VALOR Ω = -14,99%
Impacto de la variable en el tiempo promedio de respuesta:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
	NB:	No afecta el tiempo promedio de respuesta en ningún momento de la simulación.	El tiempo promedio de respuesta sufre leves modificaciones hacia arriba.	No afecta el tiempo promedio de respuesta en ningún momento de la simulación.
	NA:	Aumenta ligeramente el tiempo promedio de respuesta. El tiempo promedio de respuesta aumenta hasta el segundo mes; luego su comportamiento se asemeja al de la curva modelo con una media superior.	El tiempo promedio de respuesta aumenta significativamente al principio de la simulación; luego disminuye abruptamente hasta niveles levemente menores al de la curva modelo.	No afecta el tiempo promedio de respuesta en ningún momento de la simulación.
Impacto según el escenario ⁶ :		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
		12°	10°	11°
Comentarios generales:	- El comportamiento de la curva en los periodos iniciales de los experimentos es oscilante hacia arriba con presencia de picos en las gráficas. Ello se explica por el retraso de los procesos en los periodos de aprendizaje. - Los resultados inesperados de la aplicación de esta variable (poco impacto en la simulación) pueden explicarse por la automatización de los procesos en la planta.			
Variable:	Políticas de Inventario			
Impacto general:	Alta variabilidad y desestabilización del proceso.			
Impacto de la variable en el descalabro del proceso:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
	NB:	Descalabra el proceso significativamente. Amortiguación posterior leve. VALOR Ω = 62,11%	Descalabra el proceso sin tendencia a amortiguación. VALOR Ω = 32,11%	Descalabra el proceso en forma moderada. VALOR Ω = -11,20%

⁶ Posición de los experimentos de acuerdo al descalabro que generan en el proceso, según el Valor p de tabla ANOVA. Entre menor sea el valor de p más influyente es el factor dado que éste representa la probabilidad de aceptación de la hipótesis nula (H_0)



	NA:	Descalabra el proceso significativamente. VALOR Ω = 55,71%	Descalbro significativo a lo largo de toda la simulación. VALOR Ω = 78,34%	Descalbro significativo a lo largo de toda la simulación. VALOR Ω = 23,61%
Impacto de la variable en el tiempo promedio de respuesta:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
	NB:	Disminuye el tiempo promedio de respuesta con ciertas excepciones a lo largo de la simulación.	El tiempo promedio de respuesta disminuye significativamente, manteniendo cierta variabilidad a lo largo de la simulación.	Disminuye el tiempo promedio de respuesta, pero con aumentos eventuales a lo largo de la simulación.
	NA:	Aumenta significativamente el tiempo promedio de respuesta, a todo lo largo de la simulación.	El tiempo promedio de respuesta aumenta significativamente a lo largo de la simulación.	El tiempo promedio de respuesta aumenta significativamente a lo largo de la simulación
Impacto según el escenario⁷:		Demanda Normal	Demanda Alta	Demanda Baja
		9°	2°	6°
Comentarios generales:	- En experimentos con la variable en nivel bajo, ocurrió descalbro del proceso pero siempre disminuyó el tiempo promedio de respuesta. - La cantidad de entidades que produjo el sistema alcanzó niveles superiores al de la curva modelo. - La modificación de esta variable en nivel alto incrementa los cuellos de botella. También favorece el cumplimiento de los volúmenes de producción aunque con un mayor tiempo de respuesta.			

Conclusiones

- HORARIO** fue la variable que mas influyó tanto en el **descalbro** como en la **amortiguación** del Modelo de Simulación del Proceso de Fabricación de Toallas.

⁷ Posición de los experimentos de acuerdo el descalbro que generan en el proceso, según el Valor p de tabla ANOVA. Entre menor sea el valor de p más influyente es el factor dado que éste representa la probabilidad de aceptación de la hipótesis nula (H_0)



- En los experimentos a nivel alto se obtuvo los mejores resultados en cuanto a la disminución del tiempo de respuesta, con muy baja variabilidad y muy inferior a la de la curva modelo.
 - En los experimentos a nivel bajo se presentó el mayor descalabro sin tendencia aparente hacia la amortiguación.
2. **CAPACIDAD INSTALADA**, a nivel bajo, **descalabró** el modelo de manera significativa. En la mayoría de los escenarios **amortiguó** de manera importante el tiempo promedio de respuesta con excepción del escenario de Demanda Alta, en el cual no varió.
3. **POLÍTICA DE INVENTARIOS**, genera **descalabro** del sistema con cualquier modificación de la variable, tanto en los experimentos a nivel bajo como a nivel alto. Esto se debe a que la modificación del tiempo actual de almacenamiento del inventario crea un desbalance de las líneas de producción y por ende, descalabra el sistema:
- En el nivel alto de la variable, se generan niveles innecesarios de inventarios y máquinas ociosas aguas abajo del proceso.
 - En el nivel bajo de la variable, las máquinas no esperan hasta disponer del volumen de insumos necesarios para su operación eficiente y nuevamente se genera un desbalance de la línea que causa descalabro.
4. **CURVA DE APRENDIZAJE**, **en ninguno** de los escenarios y niveles afectó al sistema. Esto se debe a:
- Nivel de automatización de las operaciones de la empresa.
 - Operaciones manuales de rápido aprendizaje.

HORARIO Y CAPACIDAD INSTALADA resultaron íntimamente relacionadas en cuanto a los resultados obtenidos, observe que en ninguno de los casos en que se experimentó con ellas en nivel bajo se satisface completamente la demanda lo que significa que el gran descalabro evidenciado en las gráficas sería aún mayor en la situación real.

Esta estrecha relación también se presenta al proponer posibles modificaciones de la capacidad instalada, donde el turno laboral forma parte de uno de los principales elementos a considerar. Separarlas como variables diferentes resultó conveniente para responder a la disyuntiva entre invertir en maquinaria o en mano de obra, que frecuentemente se le presenta a la gerencia en países como Venezuela, donde la mano de obra es menos costosa que en otros países.



Se determinó que en este caso particular, la disminución del tiempo de respuesta cuando se aumentan los horarios, es aún más notable que en los experimentos donde se aumentó la capacidad instalada, por ello concluimos que **HORARIOS** es la variable que más impacta a la función servicio de este proceso.

Bibliografía

ARVELO, Francisco
1998 ***Capacidad de los procesos industriales***, Publicaciones UCAB, Caracas-Venezuela

GARCIA, Roberto



- 1999 ***Estudio del Trabajo***, McGRAW-HILL
Ciudad de México-México
KELTON, David; SADOWSKI, Deborah; SADOWSKI, Randall
2001 ***Simulation with Arena***, McGRAW-HILL
New York, U.S.A
MONTGOMERY, Douglas; HINES, William
1999 ***Probabilidad y Estadística para Ingeniería***, Compañía Editorial Continental,
S.A de C.V, Ciudad de México-México.

Otras referencias:

<http://smr.mit.edu>
<http://www.stud.fernuni-hagen.de/q5153735/research/bullwhiptop.htm>
http://www.itlp.edu.mx/publica/tutoriales/produccion1/tema4_1.htm
<http://dlib2.computer.org/conferen/hicss/0981/pdf/09813027.pdf?>
<http://www.dii.uchile.cl/~in70l/docs/Nuevos/ValordelaInformacion.pdf>

Glosario

A

Anteplegador: cilindro de hilo producto final de la urdidora.

Autoconer: máquina encargada de pasar las bobinas de hilo provenientes de Autocoro a conos truncados.

Autocoro: convierte cintas de algodón proveniente de los manuales en hilo, con un determinado título, resistencia y torsión. Estira la cinta de algodón a un grosor



determinado aplicándole unas torsiones acordes con el título en proceso, devanando el mismo en cilindros plásticos.

B

Bajada: nombre que se le asigna al grupo de rollos de toallas que salen simultáneamente del telar.

BKN: máquina encargada de recuperar los conos de la urdidora y prepara el hilo para teñir en conos de metal.

Blanqueo: consiste en una oxidación de la celulosa (algodón) mediante un proceso químico para obtener una fibra blanca.

Bobina: forma de presentación de los hilos adecuadamente para facilitar su posterior utilización tubos tanto llenos como vacíos.

Burro: base en la que se enrollan las tollas provenientes del proceso del semiblanco.

C

Cabo: hebra simple de hilo producido en Autocoro.

Cámara de reserva: Recibe el material procedente del 2do inclinada, mediante una ductería aérea para almacenarlo y garantizar una buena presión de alimentación para los Chute Feed

Carda: maquinaria que orienta las fibras en forma paralela y elimina las cortas no deseables produciendo mechas y cintas de grosores determinados.

Cenefa: línea de costura decorativa que presentan algunas toallas.

Cono: producto final que hace un huso proveniente de una bobina con hilo, presentación final de hilo.

D

Descrude: es una operación que consiste en la eliminación de las grasas naturales que contienen las fibras mediante un proceso químico.

Divisa: es una marca de color determinado que permite identificar los diferentes títulos del hilo, círculos o rayas de colores en el cono o bobina.

E

Engomadora: máquina encarga de hacer pasar los hilos a través de un baño de encolantes para luego en forma continua secarlos y de esta manera conferirles a los hilos de urdimbre una mayor resistencia, aumento de suavidad, elasticidad, y evitar la formación de pelusilla en el telar.

F

Felpa: es el hilo que conforma el rizo de la toalla

Fibra: unidad de materia caracterizada por su elevada proporción entre longitud y grosor por su flexibilidad, finura, elasticidad y resistencia, características fundamentales para que puedan ser hiladas y tejidas.

Fileta: soporte donde se colocan los hilos, ya sea en la urdidora o en la engomadota, donde se colocan los hilos en anteplegadores

Flock Feed: es el encargado de alimentar a las líneas de cardas por medio de ducterías aéreas.



Fondo: es el hilo que la base de la toalla

Fosa: lugar en el cual se almacenan producto en proceso en el área de planta acabado

H

Huso: es una sección donde se forma el cono para su posterior utilización.

I

IKN: máquina encargada de sacar el cono truncado para la retorcedora **Inclinados:** máquinas encargadas de eliminar las cascarillas del algodón, por choque consecutivos entre estos y las rejillas

J

Jaula: estructura metálica donde se colocan los conos de hilo para ser transportados a las distintas áreas de la planta

M

Madeja: plegador de fondo o felpa

Manuar: máquina que regula la cinta de carda, paralelizando las fibras por medio de doblaje y estiraje, perfeccionando a su vez la mezcla de la materia.

Mezcla: es la proporción de distintos tipos de algodón frente a la succión del optomix.

Montada: término acuñado por el personal de la planta para indicar una carga en las máquinas.

O

Optomix: máquina encargada de extraer pequeñas cantidades de algodón de cada una de las pacas para hacer la mezcla más uniforme

P

Paca: presentación más pequeña de la materia prima que llega a la planta

Plegador: cilindro de hilo que será utilizado por la urdimbre de la tela en posición horizontal.

R

Reenconado: término acuñado por el personal de la planta para indicar el cambio de un cono a otro.

Referencia: codificación que indica tipo de toalla, tamaño y color

Rizo: capa de tejido externo de la toalla de costura ondulada.

T

Telar: es la máquina empleada para realizar la operación de entrelazar los hilos de urdimbre con los de trama en forma organizada hasta formar el tejido.

Teñido: consiste en la aplicación de colorantes a los hilos, por inmersión en una solución de productos químicos auxiliares en donde el colorante se difunde en la fibra y luego es fijado dependiendo de éste y de su afinidad con la fibra textil.

Título: es la relación que existe entre la longitud de un hilo y su peso.

Trama: es la alimentación que recibe el telar por intermedio de un cono de hilo de



manera horizontal.

U

Urdidora: máquina encargada de reunir en un solo haz todos los hilos que componen una urdimbre en forma paralela, sin cruzarse unos con otros.

Urdimbre: son los hilos que se introducen en el telar para formar la toalla

V

Volkmann: máquina encargada de retorcer el hilo uniendo dos conos y tomando cada cabo para formar un nuevo hilo dos cabos.

Índice de Anexos

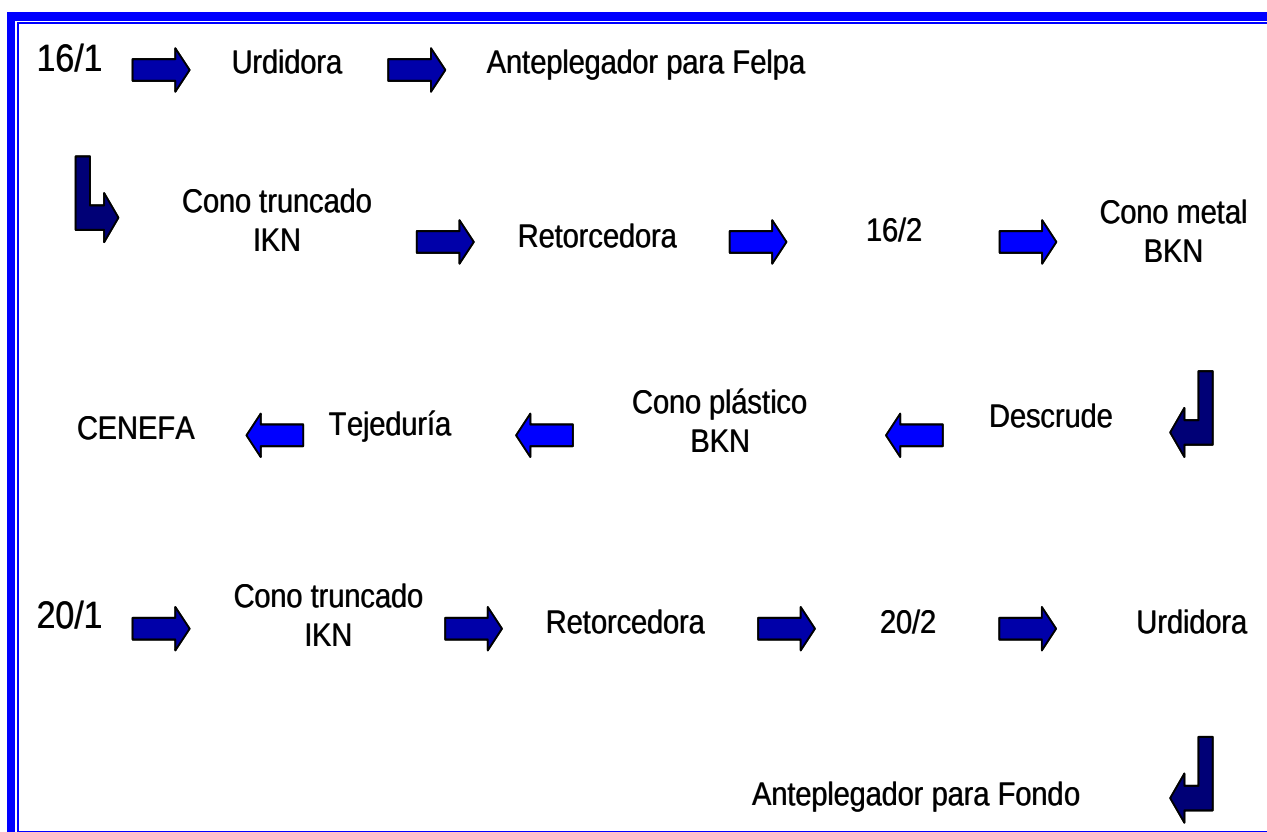
Anexos N° 1: Recorrido del hilo por el proceso de preparación	1
Anexos N° 2: Fotos de la planta	2
Anexos N° 3: Formatos para la recolección de datos	7
Anexos N° 4: Datos del INPUT ANALYZER	9
Anexos N° 5: Partes del modelo de simulación	21



Anexos N° 6: Cálculos de los valores reales utilizados para validar	26
Anexos N° 7: Curva de aprendizaje	28

Anexos N° 1:

Recorrido del hilo por el proceso de preparación





Anexos N° 2:

Fotos de la planta

ENTRADA DE LA MATERIA PRIMA



Recepción y almacenamiento de pacas de fibras de algodón que llegan a la planta en camiones

CARDADO



SELECCIÓN, APERTURA Y LIMPIEZA



Alimentación de la materia prima en las máquinas abridoras donde se elimina el conglomerado de fibras para luego en la mezcladora lograr su homogeneidad



HILATURA



Procesamiento de las cintas de algodón provenientes de los manuales en los autocoros, para obtener conos de hilo de diferentes títulos.

PREPARACIÓN



Transformación de los conos de hilo provenientes de los autocoros en anteplegadores y conos de hilo para cenefa

ENGOMADO



Aplicación de
encolantes y
producción de
plegadores.



Salida de un
plegador
engomado al
Telar.

TEJIDO



Entrelazado de hilos de urdimbre con los de trama hasta formar el tejido propiamente dicho.

ACABADO TEXTIL

Tratamiento de los
tejido para dotarles
de características
requeridas para su
comercialización





CONFECCIÓN.

Cortado y costura de rollos de toallas para la obtención del producto final.



ALMACENAMIENTO Y DESPACHO



Almacenamiento del producto final, según la normativa de inventario

**Anexos N° 3:****Formatos para la recolección de datos**

Formato de Cardas y Manuales

Tipo de carda:			Fecha:			Hora:			
Tipo de falla:									
Llenada de un pote			Parada por cambio de pote			Fallas			
Inicio	Fin	Total	Inicio	Fin	Total	Tipo	Inicio	Fin	Total

Formato de Reenconadoras

Tipo de máquina			Fecha:			Hora:			
Tipo de falla:									
Huso	Vaciado de Rollo			Para por cambio			Cambio de cono		
	Inicio	Fin	Total	Inicio	Fin	Total	Inicio	Fin	Total

Formato Urdidora



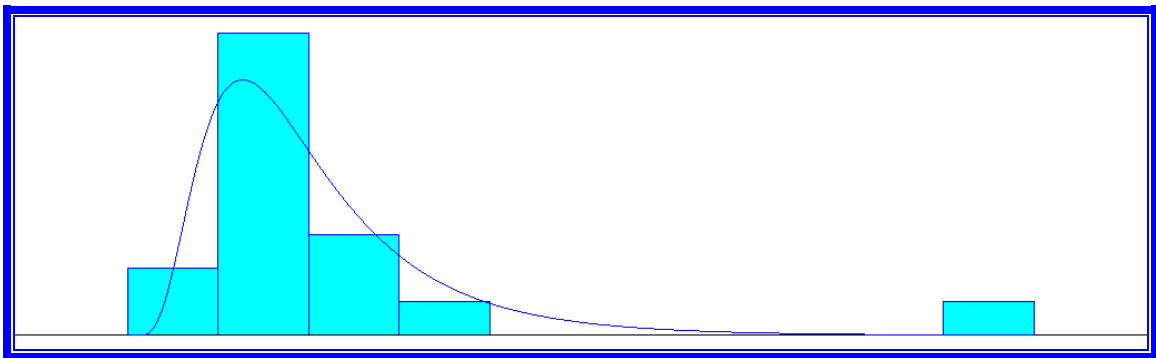
Fecha:				Hora:		
Tipo de anteplegador:				Longitud:		
Título:				Nº de hilos:		
Llenado de Anteplegador			Fallas			
Inicio	Fin	Total	Tipo	Inicio	Fin	Total

Formato de Confección

Cortadores			Costureras			Rematadores		
Inicio	Fin	Total	Inicio	Fin	Total	Inicio	Fin	Total

**Anexos N° 4:****Datos del Input Analyzer****Manuar I Pase**

Datos	
13.1167	13.3167
13.1667	13.1500
13.1000	12.9833
13.0000	13.0333
13.1167	13.0167
13.0000	12.9833
13.1167	14.1167
13.1000	13.1667

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Manuales
Hoja: Resumen
- Unidades: minutos
- Tiempo de estudio: 3 días (4h/d)
- Bloc de notas: Manuar de I pase con fallas

Resultado del Input:

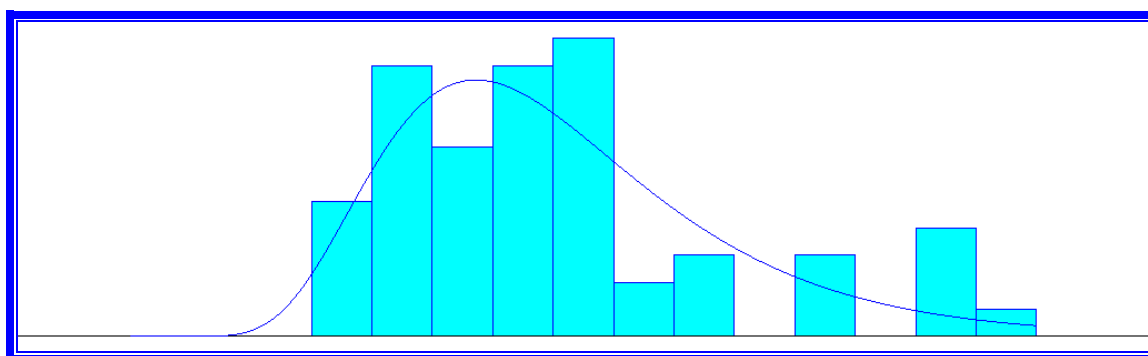
- Archivo: Manuar de I pase con fallas
- Histograma: 10 Intervalos

- Ecuación:
 $12.9 + \text{LOGN}(0.282, 0.172)$
- Pruebas: Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 16
Min Data Value = 13
Max Data Value = 14.1
Sample Mean = 13.2
Sample Std Dev = 0.271



Manuar de II Pase

Datos					
9.7500	9.7500	9.8000	9.7833	9.7167	9.7833
9.7333	9.8000	9.8000	9.9500	9.7333	9.6833
9.1833	9.8000	9.7667	9.8000	9.9000	9.7000
9.9667	9.7333	9.7833	9.8333	9.7667	9.8000
9.7500	9.9000	9.8000	9.8667	9.7333	9.7667
9.7333	9.8000	9.6833	9.7500	9.9500	9.7667
9.8667	9.7667	9.7167	9.8000	10.0000	9.7167
9.7500	9.8000	9.7500	9.9000	9.6833	9.9500
9.7500	9.7833	9.7333	9.8333	9.4333	
9.8667	9.8000	9.7667	9.6833	9.7167	

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Manuales
Hoja: Resumen
- Unidades: minutos
- Tiempo de estudio: 3 días (3h/d)
 - Bloc de notas: Manuar de II pase con fallas

Resultado del Input:

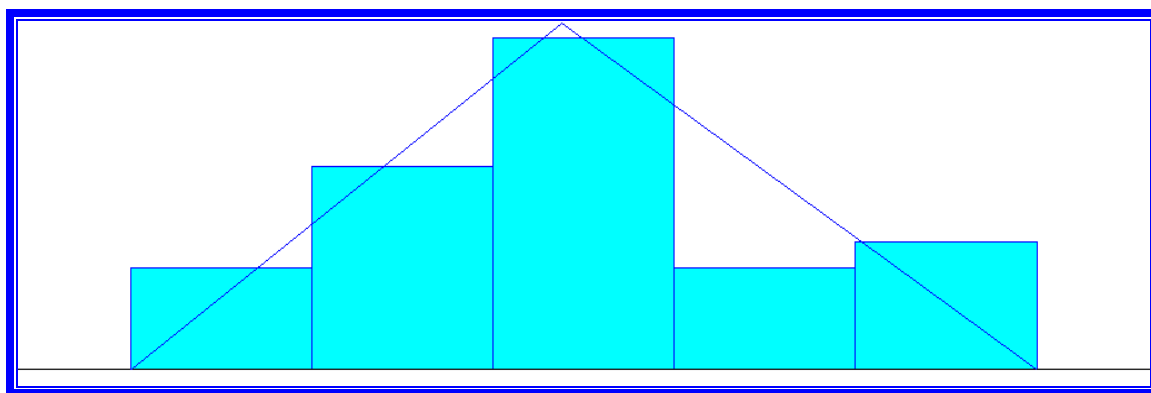
- Archivo: Manuar de II pase con fallas
- Histograma: 15 Intervalos
- Ecuación: $9.6 + \text{LOGN}(0.19, 0.0758)$

- Pruebas: Chi Square Test
p-value = 0.0958
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 56
Min Data Value = 9.68
Max Data Value = 10
Sample Mean = 9.79
Sample Std Dev = 0.0763



Peso del hilo 12

Datos				
2.970	2.940	2.670	2.300	3.010
2.490	2.910	3.000	3.440	3.530
2.450	2.960	2.410	2.890	2.750
3.150	2.760	3.000	2.680	2.850
3.290	3.040	3.430	3.350	2.660
2.930	2.550	3.010	3.040	2.940
2.630	3.000	2.680	3.060	

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Pesos de hilos de autocoro
Hoja: Pesos
- Unidades: Kgs.
- Tiempo de estudio: 1 día
- Bloc de notas: Peso del hilo 12

Resultado del Input:

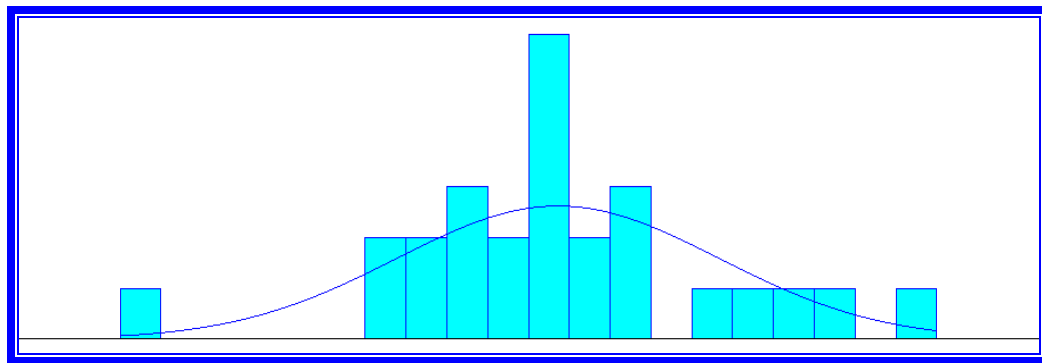
- Archivo: Peso del hilo 12
- Histograma: 5 Intervalos
- Ecuación: TRIA(2.3, 2.88, 3.53)

- Pruebas: Chi Square Test
p-value = 0.166
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 34
Min Data Value = 2.3
Max Data Value = 3.53
Sample Mean = 2.91
Sample Std Dev = 0.298



Peso del hilo 16

Datos					
2.800	2.910	2.760	2.560	2.850	2.820
3.090	2.860	2.560	2.810	2.870	2.830
2.840	2.750	2.790	2.800	3.160	2.810
2.830	2.770	2.900	2.770	2.860	2.960
2.820	2.640	3.000	2.940	2.830	2.820

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Pesos de hilos de autocoro
Hoja: Pesos
- Unidades: Kgs.
- Tiempo de estudio: 1 día
- Bloc de notas: Peso hilo 16

Resultado del Input:

- Archivo: Peso hilo 16
- Histograma: 20 Intervalos
- Ecuación: NORM(2.83, 0.0713)

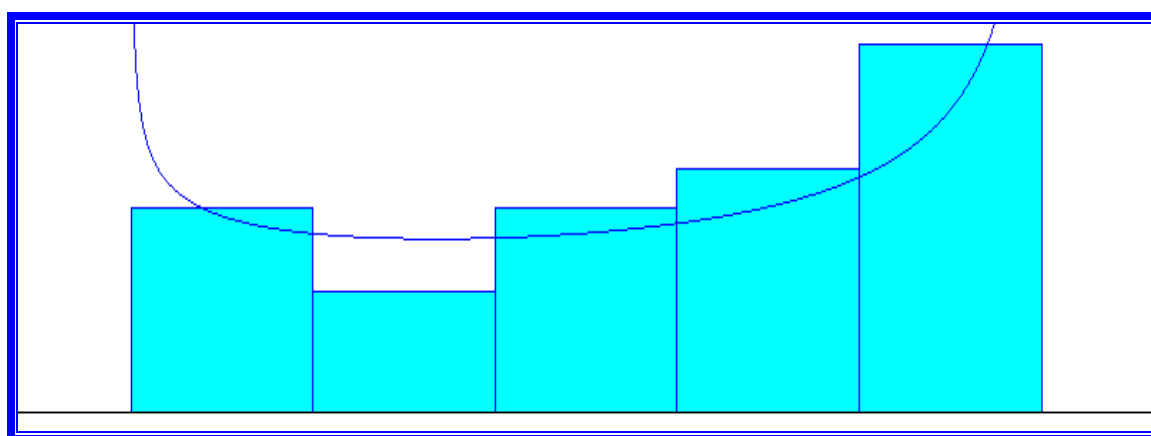
- Pruebas: Chi Square Test
p-value = 0.108
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15

- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 26
Min Data Value = 2.64
Max Data Value = 3.0
Sample Mean = 2.83
Sample Std Dev = 0.0727



Peso de las pacas nacionales

Datos				
221.68	224.83	202.53	210.62	221.42
214.24	201.17	208.28	206.97	220.10
221.16	224.34	201.23	212.21	216.53
223.20	216.34	221.21	218.34	220.36
219.99	202.17	211.68	215.03	
219.80	204.72	208.47	222.81	

**Información de los datos**

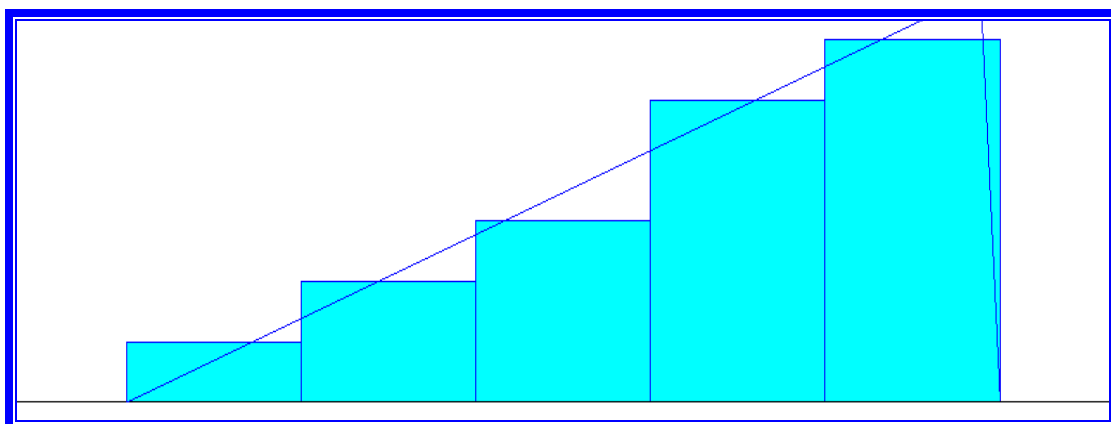
- Procedencia:
Libro: Datos del algodón
Hoja: Remesas
- Unidades: Kgs.
- Tiempo de estudio: 2 año (mensual)
- Bloc de notas: ppn
- Resultado del Input:
▪ Archivo: ppn
▪ Histograma: 5 Intervalos
▪ Ecuación:
 $201 + 24 * \text{BETA}(0.799, 0.601)$

- Pruebas: Chi Square Test
p-value= 0.522
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 20
Min Data Value = 201
Max Data Value = 225
Sample Mean = 215
Sample Std Dev = 7.67



Peso de las pacas paraguayas

Datos	
221.49	214.06
218.62	210.39
220.55	204.11
213.74	199.11
213.51	204.65
216.88	205.32
215.11	195.22
217.33	140.63
215.66	187.53
208.22	

**Información de los datos**

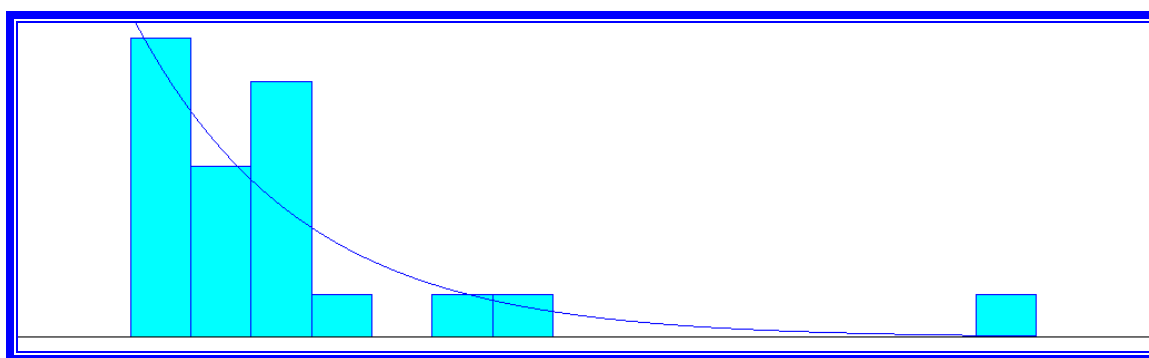
- Procedencia:
Libro: Datos del algodón
Hoja: Remesas
- Unidades: Kgs.
- Tiempo de estudio: 2 año (mensual)
- Bloc de notas: ppp
- **Resultado del Input:**
 - Archivo: ppp
 - Histograma: 5 Intervalos

- Ecuación:
TRIA(187, 220, 221)
- Pruebas: Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 17
Min Data Value = 188
Max Data Value = 221
Sample Mean = 209
Sample Std Dev = 9.06



Llegada de las remesas de algodón nacional

Datos		
204	60	132
216	132	1404
132	216	180
228	180	204
108	84	816
336	0	420
84	204	1776
252	180	
132	156	
48	0	

**Información de los datos**

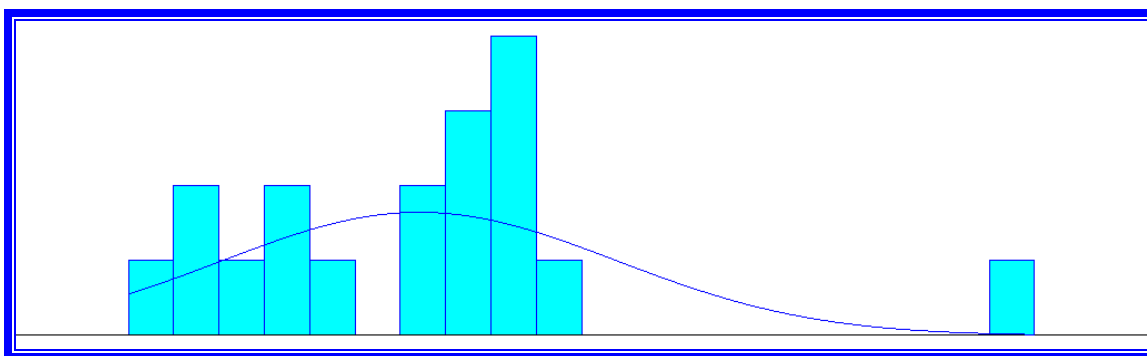
- Procedencia:
Libro: Datos del algodón
Hoja: Remesas
- Unidades: días
- Tiempo de estudio: 2 año (entre llegadas)
- Bloc de notas: rant (horas entre)
- **Resultado del Input:**
 - Archivo: rant (horas entre)
 - Histograma: 15 Intervalos
 - Ecuación: $84 + \text{EXPO}(135)$

- Pruebas: Chi Square Test
p-value = 0.0766
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 21
Min Data Value = 84
Max Data Value = 816
Sample Mean = 219
Sample Std Dev = 158



Llegada de las remesas de algodón paraguayo

Datos	
2148	576
768	504
312	840
504	972
996	1080
924	432
924	924
156	264
972	1008

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Datos del algodón
Hoja: Remesas
- Unidades: días
- Tiempo de estudio: 2 año (entre llegadas)
- Bloc de notas: rapt (horas entre)

Resultado del Input:

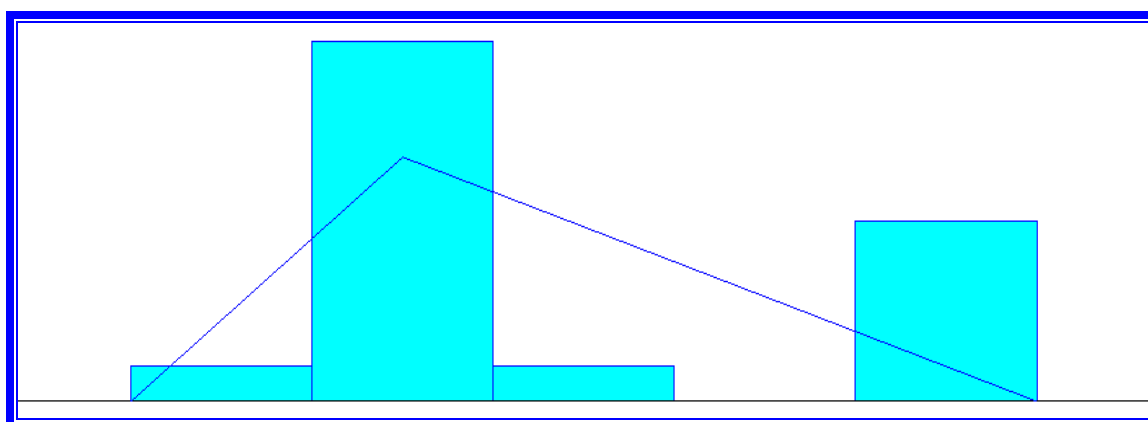
- Archivo: rapt (horas entre)
- Histograma: 20 Intervalos

- Ecuación:
NORM(795, 434)
- Pruebas: Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.122
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 18
Min Data Value = 156
Max Data Value = 2115
Sample Mean = 795
Sample Std Dev = 496



Cantidad de pacas en la remesas de algodón paraguayo

Datos	
271	280
270	294
275	368
278	375
281	366
562	360
279	235
284	166
280	366
289	

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Datos del algodón
Hoja: Remesas
- Unidades: cantidad de pacas
- Tiempo de estudio: 2 año (llegadas)
- Bloc de notas: rapt (pacas por viaje)

Resultado del Input:

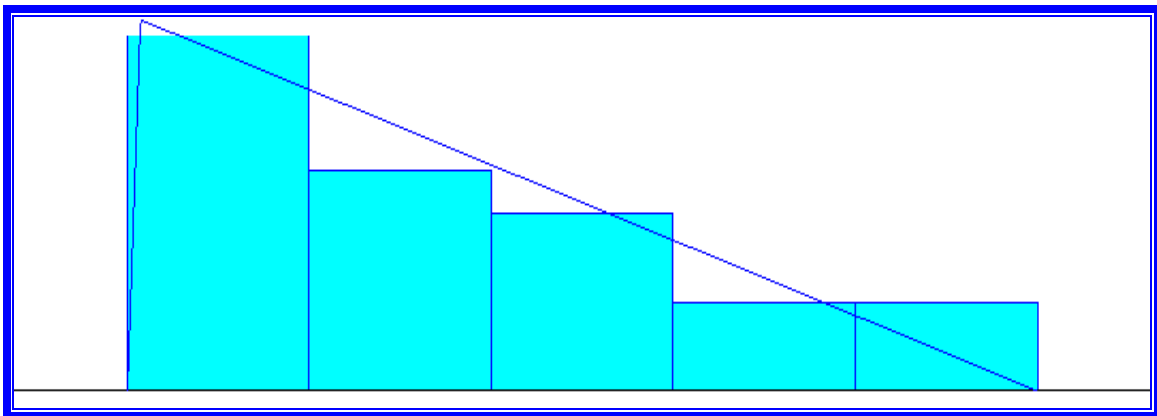
- Archivo: rapt (pacas por viaje)
- Histograma: 5 Intervalos

- Ecuación: TRIA(235, 277, 375)
- Pruebas: Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 17
Min Data Value = 235
Max Data Value = 375
Sample Mean = 303
Sample Std Dev = 80.5



Engomadora Sucker 4 plegadores

Datos	
220	175
175	295
325	360
160	265
230	180
215	170
175	230
245	225
240	295
250	175
175	

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Engomadora
Hoja: Tiempos felpa
- Unidades: minutos
- Tiempo de estudio: 4 meses
- Bloc de notas: Sucker Felpa 4

Resultado del Input:

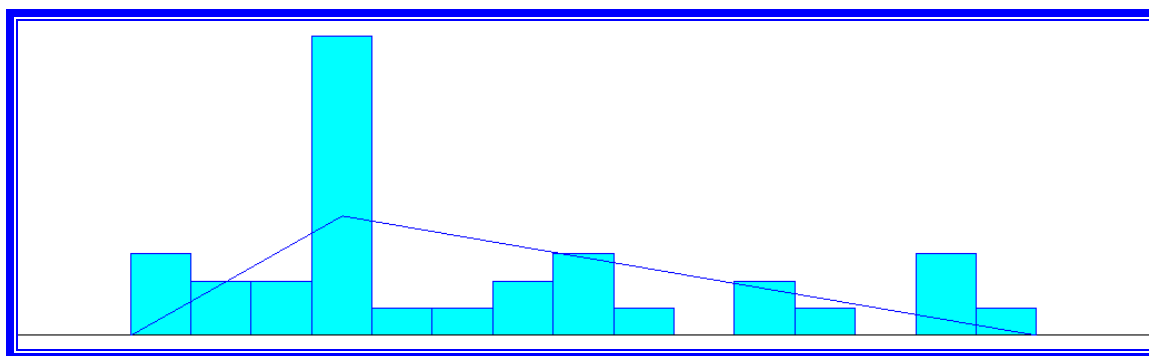
- Archivo: Sucker Felpa 4
- Histograma: 5 Intervalos
- Ecuación: TRIA(160, 163, 360)

- Pruebas: Chi Square Test
p-value = 0.593
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 21
Min Data Value = 160
Max Data Value = 360
Sample Mean = 228
Sample Std Dev = 56



Engomadora Sucker 5 plegadores

Datos				
150	180	235	115	150
170	150	250	150	145
210	145	235	145	210
235	185	180	115	195
175	165	145	135	125
115	155	220	130	265
140	150	145	145	

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Engomadora
Hoja: Tiempos felpa
- Unidades: minutos
- Tiempo de estudio: 4 meses
- Bloc de notas: Sucker Felpa 5

Resultado del Input:

- Archivo: Sucker Felpa 5
- Histograma: 15 Intervalos
- Ecuación: TRIA(115, 146, 250)

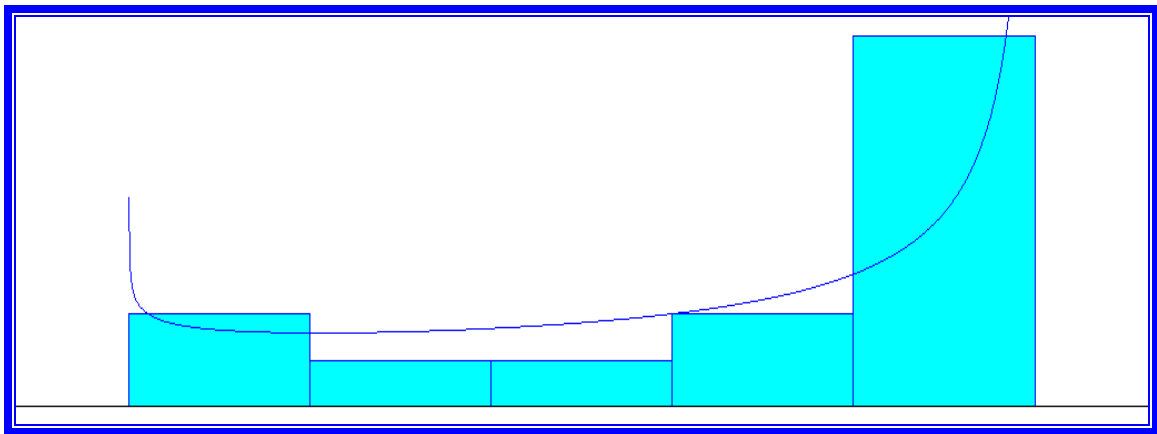
- Pruebas: Chi Square Test
p-value = 0.152
Kolmogorov-Smirnov Test
p-value = 0.0701

- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 33
Min Data Value = 115
Max Data Value = 250
Sample Mean = 167
Sample Std Dev = 38



Cardas

Datos	
82.01667	109.20000
90.36667	99.55000
78.20000	106.76667
102.98333	106.23333
73.93333	105.00000
103.33333	104.26667
101.51667	103.80000

**Información de los datos**

- Procedencia:
Libro: Cardas
Hoja: Resumen
- Unidades: minutos
- Tiempo de estudio: 4 días
- Bloc de notas: Cardas
- Resultado del Input:
 - Archivo: Cardas
 - Histograma: 5 Intervalos

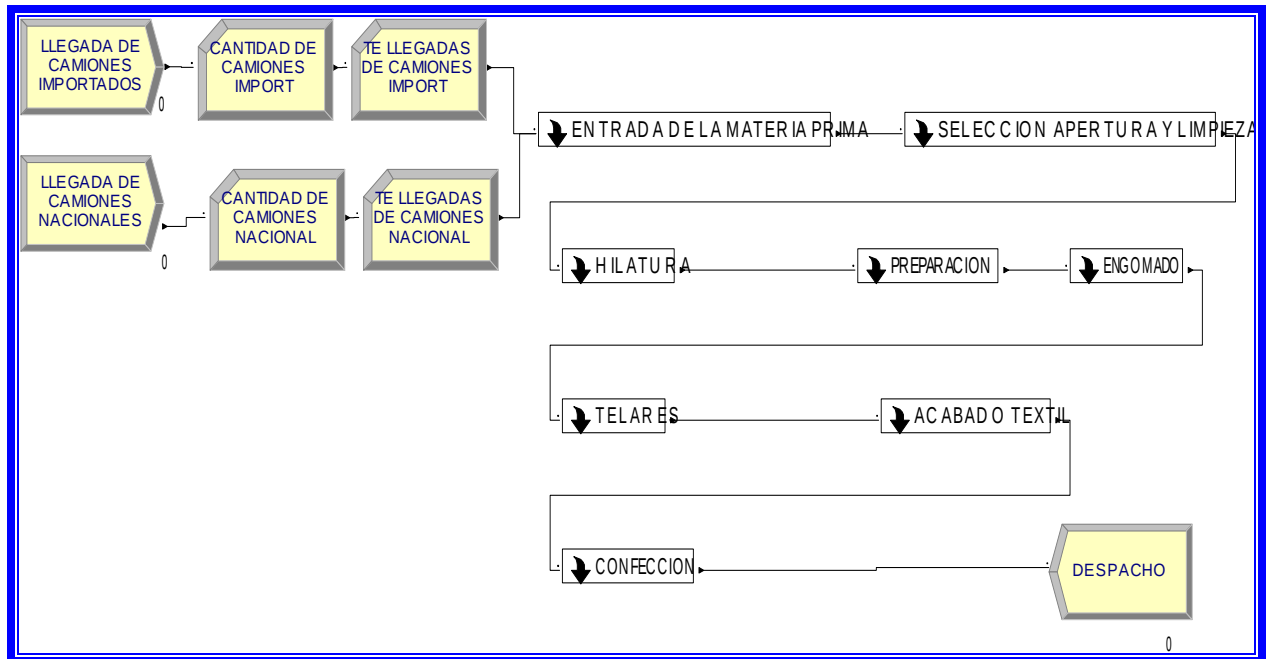
- Ecuación:
 $73 + 37 * \text{BETA}(0.846, 0.424)$
- Pruebas: Kolmogorov-Smirnov Test
p-value > 0.15
- Resumen de los datos:
Number of Data Points = 14
Min Data Value = 73.9
Max Data Value = 109
Sample Mean = 97.7
Sample Std Dev = 11.6



Anexos N° 5:

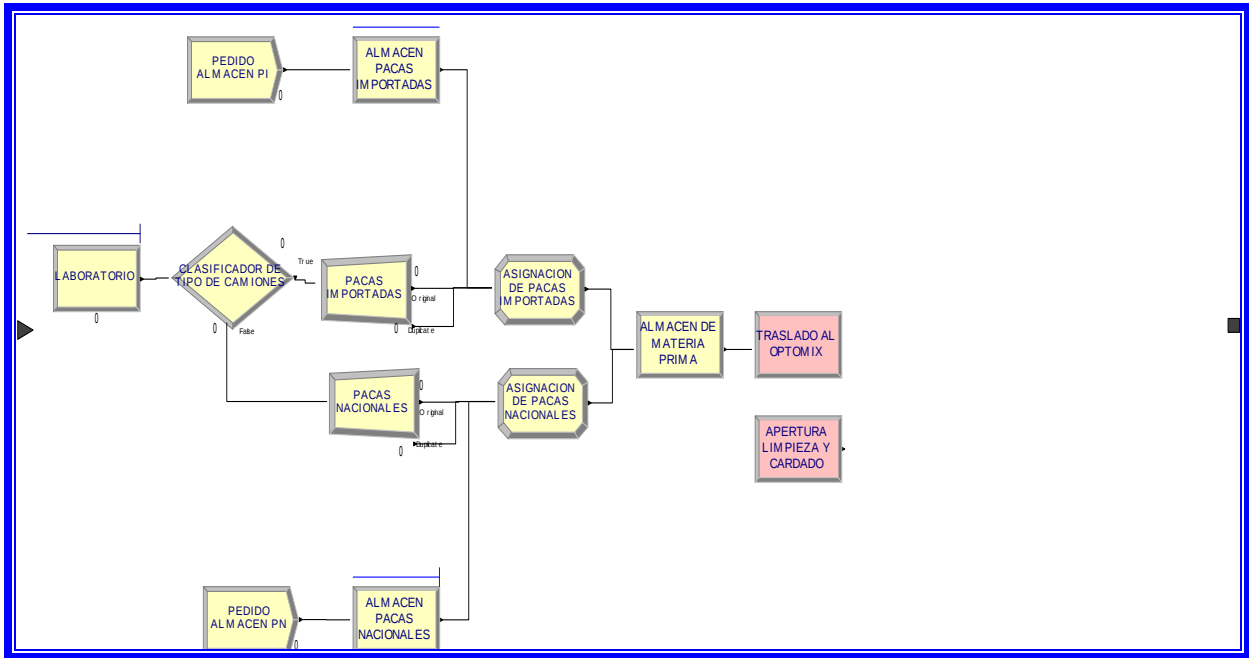
Partes del modelo

Modelo General

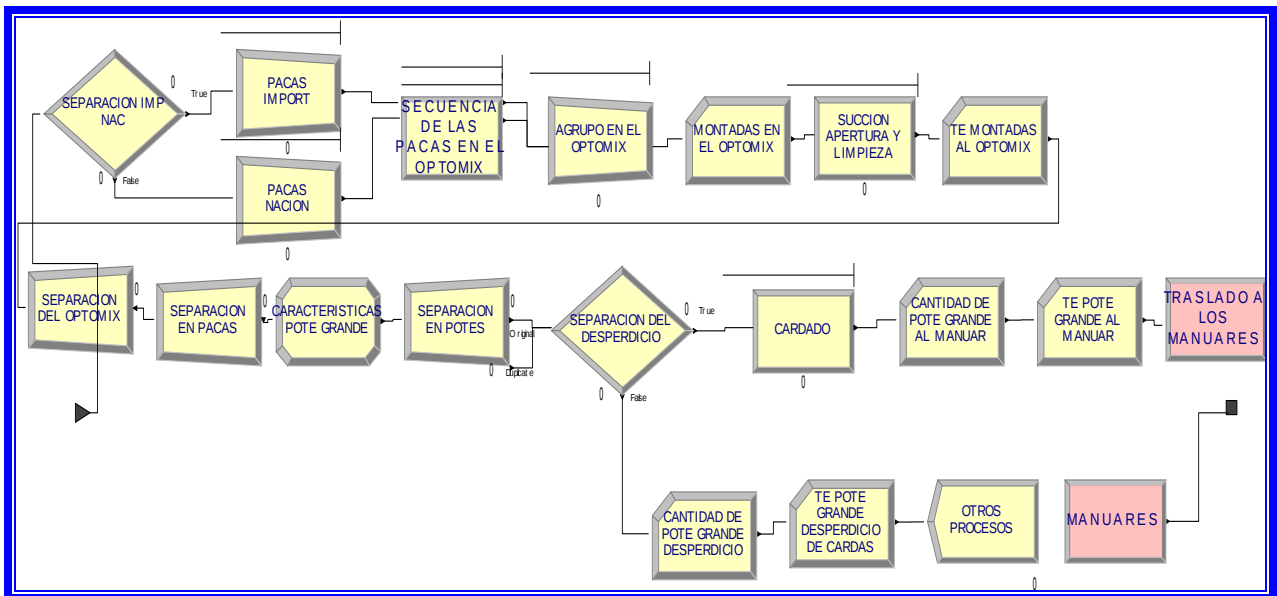




Sub-modelo: Entrada de materia prima.

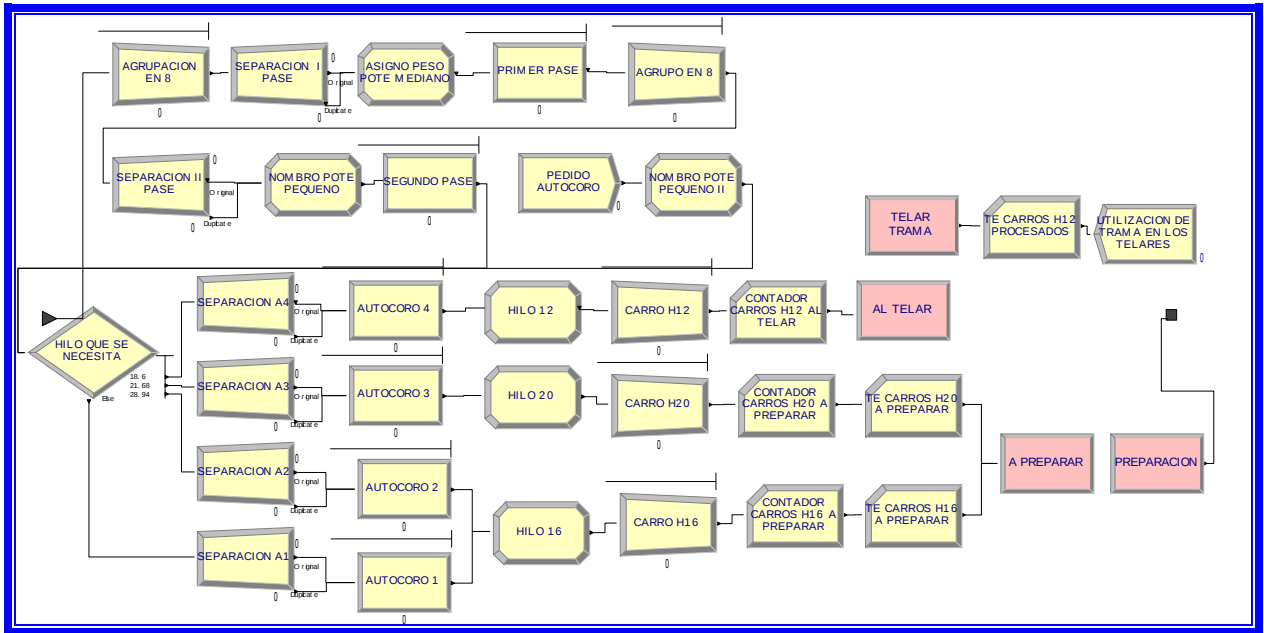


Sub-modelo: Selección, apertura y limpieza.

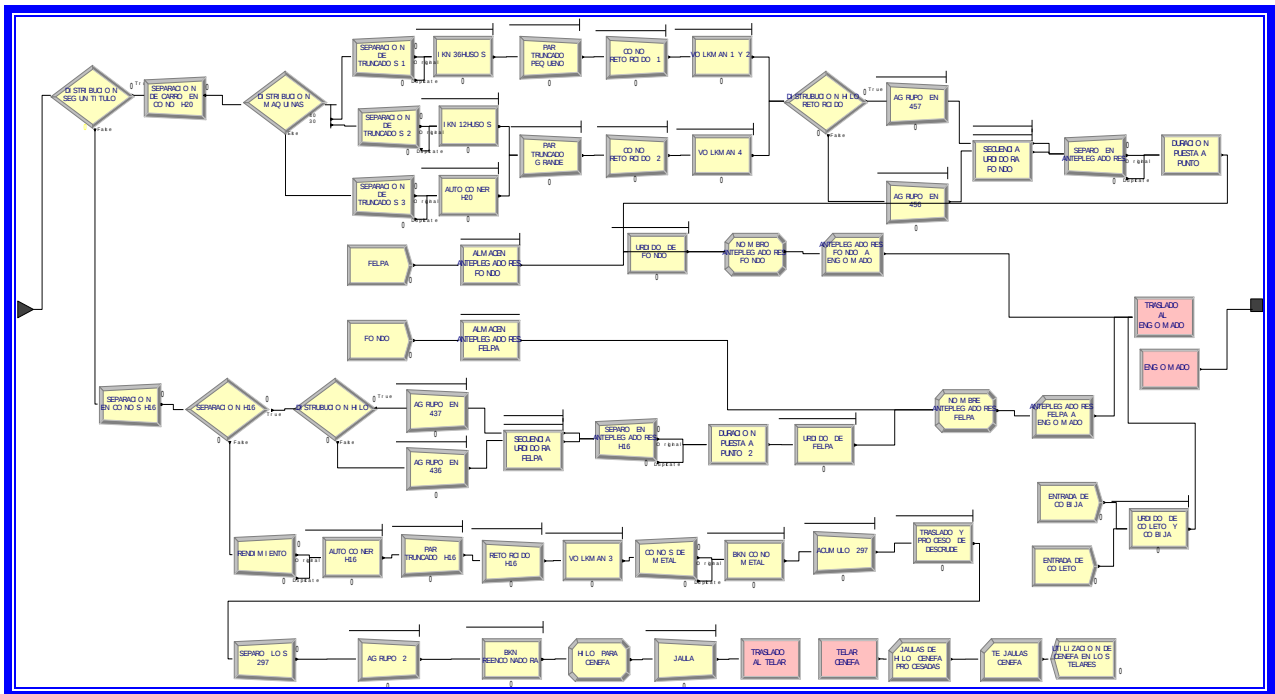




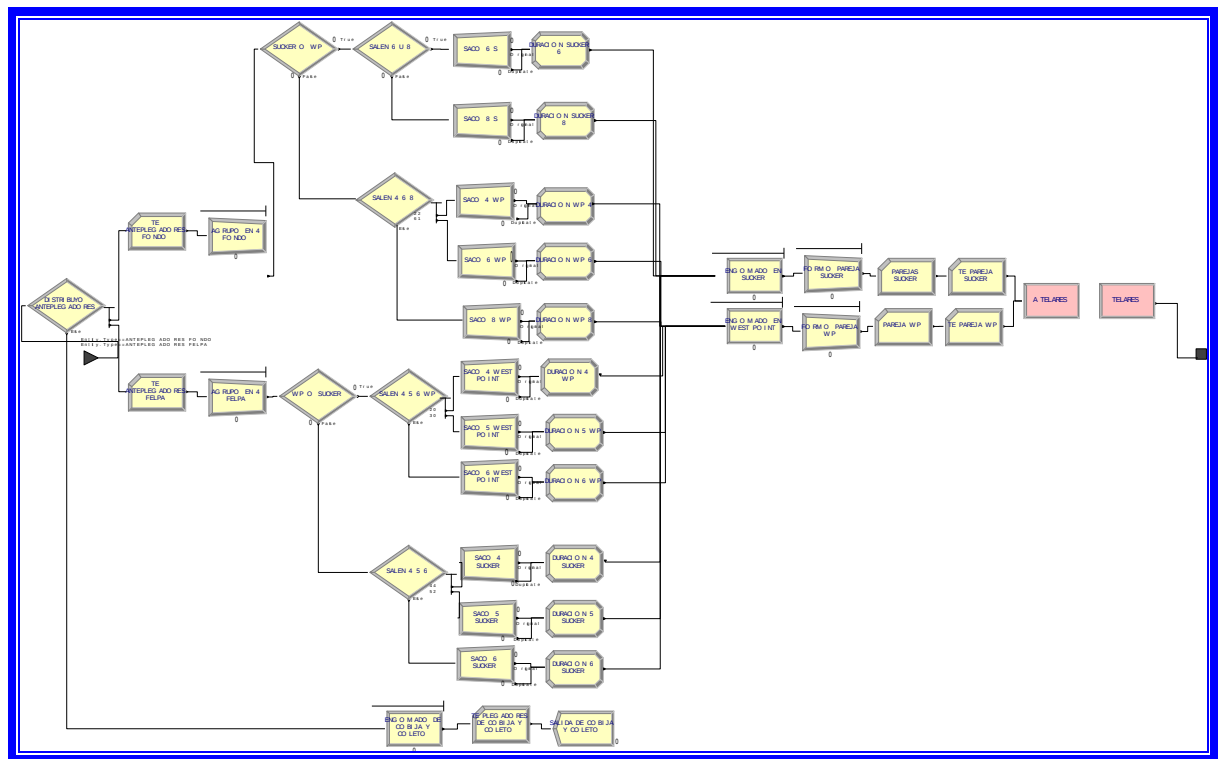
Sub-modelo: Hilatura



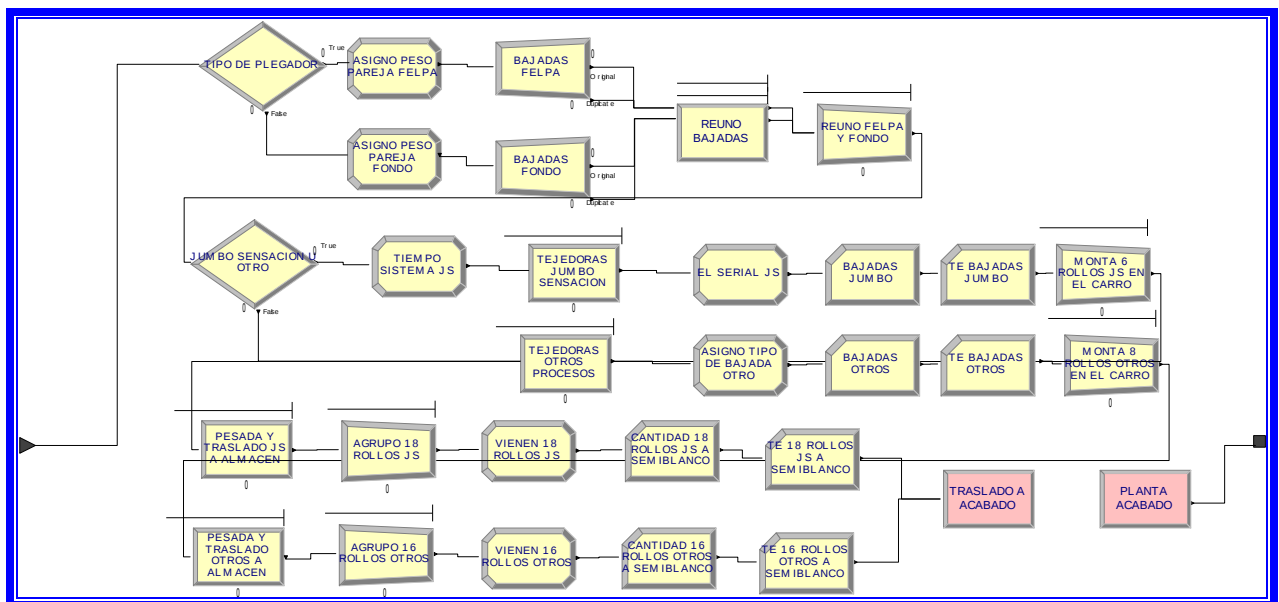
Sub-modelo: Preparación



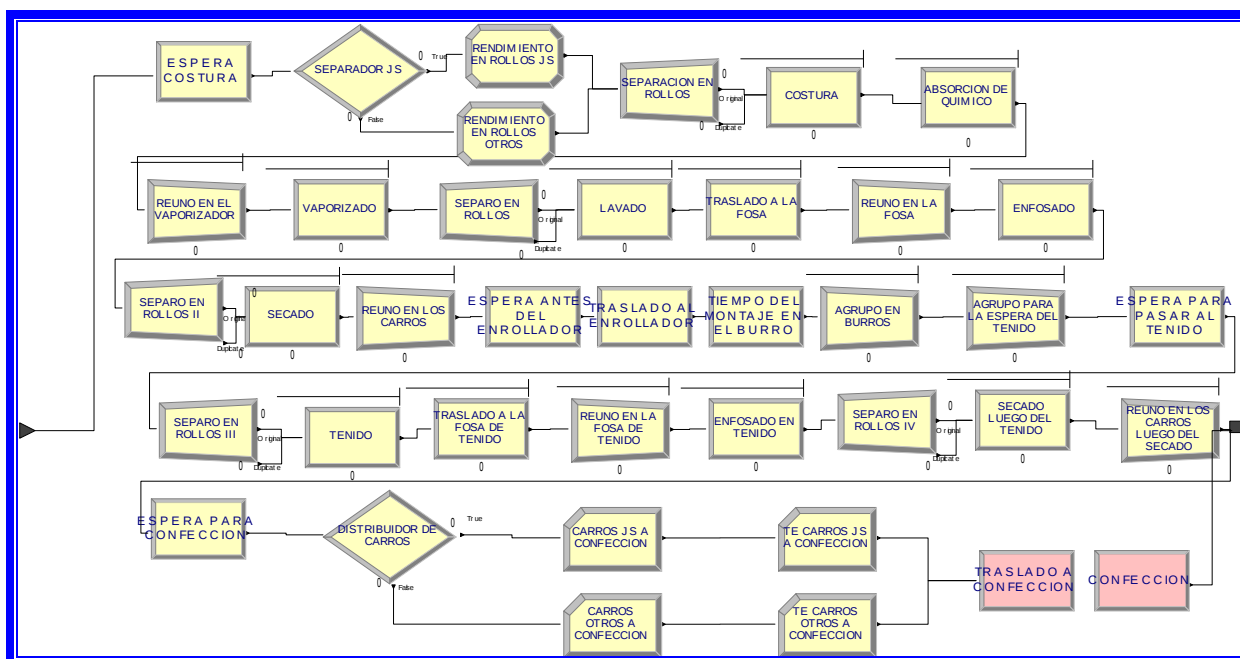
Sub-modelo: Engomado



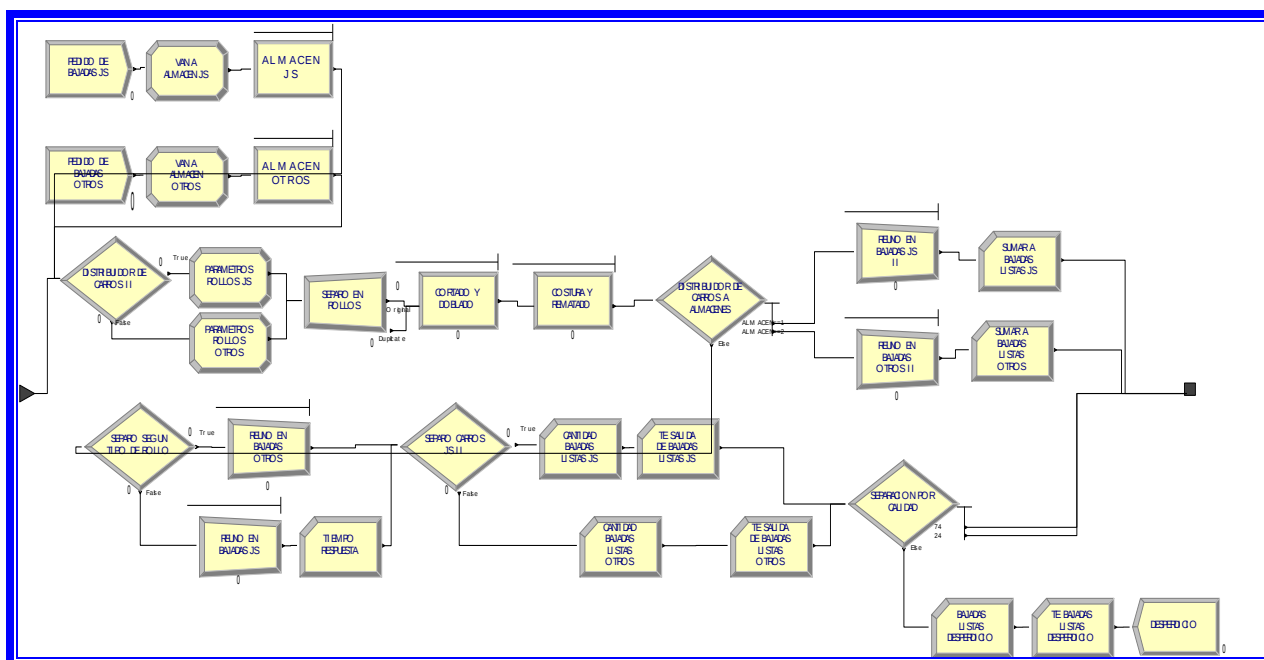
Sub-modelo: Telares



Sub-modelo: Acabado textil



Sub-modelo: Confección



**Anexos N° 6:****Cálculo de los valores reales utilizados para validar.**

Medidores de tiempo entre

Entidades	Cálculo del Tiempo entre
18 Rollos JS a semiblanco: Promedio de bajadas JS: 3.81	$(3.81/24) = 0.15875$ $6/0.15875 = \mathbf{37.79}$
16 Rollos Otros a semiblanco: Promedio de bajadas Otros: 10.73	$4/0.4471 = \mathbf{8.95}$ $(10.73/24) = 0.4471$
Anteplegadores Felpa: Promedio anteplegadores felpa por semana: 12	$(126/12) = \mathbf{10.5}$
Anteplegadores Fondo: Promedio de anteplegadores fondo por semana: 8	$(126/8) = \mathbf{15.75}$
Bajadas Jumbo: Promedio de bajada JS: 3.81	$(3.81/24) * 3024 = 480.06$ $3024/480.06 = \mathbf{6.3}$
Bajadas Otros: Promedio de bajadas de otros toallas. 10.73	$(10.73/24) * 3024 = 1351.81$ $3024/1351.81 = \mathbf{2.237}$
Carros H12 procesados: Son 104 bobinas y se tardan 11 horas en sacar un cono	$(11/104) * 140 = \mathbf{14.8}$
Carros H16 a preparar: En un autocoro son 162 bobinas y en el otro 165, entonces son un total de 327 y se tardan 14 horas	$(14/327) * 140 = \mathbf{5.99}$
Carros H20 a preparar: Son 163 bobinas y tardan 17 horas	$(17/163) * 140 = \mathbf{14.6}$
Carros JS a confección:	6.35
Carros Otros a confección:	2.48
Jaulas cenefas:	24
Llegada de camiones importados:	La media de las llegadas entre camiones es 795
Llegada de camiones nacionales:	La media de las llegadas entre camiones es 219
Montadas al optomix : Se hicieron 50 montadas al optomix en 6 meses	$3024/50 = \mathbf{60.48}$
Parejas en Sucker: Promedio de plegadores por semana: 12	$(6/126) * 3024 = 144$ $3024/144 = \mathbf{21}$
Parejas en WP: Promedio de plegadores por semana: 15	$(7.5/126) * 3024 = 180$ $3024/180 = \mathbf{16.8}$
Pote grande al manual: El tiempo promedio en las cardas es 2.53 h y un promedio de 11 potes	$(11/2.5) * 16 = 70.4$ $24/70.4 = \mathbf{0.34}$
Salida de Bajadas listas JS:	El tiempo entre las bajadas listas = al de la salida de confección 6.35
Salida de Bajadas listas Otros:	El tiempo es el mismo que la salida de confección = 3.31



Contadores de cantidades

	Cálculo de las cantidades
Anteplegadores Felpa a engomado: El TE anteplegadores felpa es 10.5	$3024/10.5 = 288$
Anteplegadores Fondo a engomado: El TE anteplegadores fondo es 15.75	$3024/15.75 = 192$
Bajadas Jumbo: TE Bajadas Jumbo = 6.3	$3024/6.3 = 480$
Bajadas Otros: TE Bajadas Otros = 2.237	$3024/2.237 = 1351.81$
Cantidad 16 Rollos Otros a semiblanco: TE 16 Rollos Otros a semiblanco = 8.95	$3024/8.95 = 337.87$
Cantidad 18 Rollos JS a semiblanco: TE 18 Rollos JS a semiblanco = 37.8	$3024/37.8 = 80$
Cantidad Bajadas listas JS:	476
Cantidad Bajadas listas Otros:	913
Cantidad de camiones importados: TE llegada de camiones importados = 795	$3024/795 = 3.8$
Cantidad de camiones nacionales: TE llegada de camiones nacionales = 219	$3024/219 = 13.8$
Cantidad de Pote grande al manual: TE pote grande al manual = 0.34	$3024/0.34 = 8894$
Carros JS a confección	476
Carros Otros a confección	1217
Contador carros H12 al Telar: TE carros H12 procesados = 14.8	$3024/14.8 = 204$
Contador carros H16 a preparar: TE carros H16 a preparar = 5.99	$3024/5.99 = 505$
Contador carros H20 a preparar: TE carros H20 a preparar = 14.6	$3024/14.6 = 207$
Jaulas de hilo cenefas procesadas: TE jaulas cenefas = 24	$3024/24 = 126$
Montadas en el optomix:	50
Pareja WP: TE parejas en WP = 16.8	$3024/16.8 = 180$
Pareja Sucker: TE parejas Sucker = 21	$3024/21 = 144$



Anexos N° 7:

Curvas de aprendizaje.

